RFIDのしくみ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波とは？

(1) 電波とは？
(2) 電波の主な性質
(3) 電波の性質と主な用途
(4) 電波の周波数と用途

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波とは

☆電波（電波法　第2条の1）

「300GHz（3×10^{12}Hz）以下の周波数の電磁波」と定義

☆電波の速さ

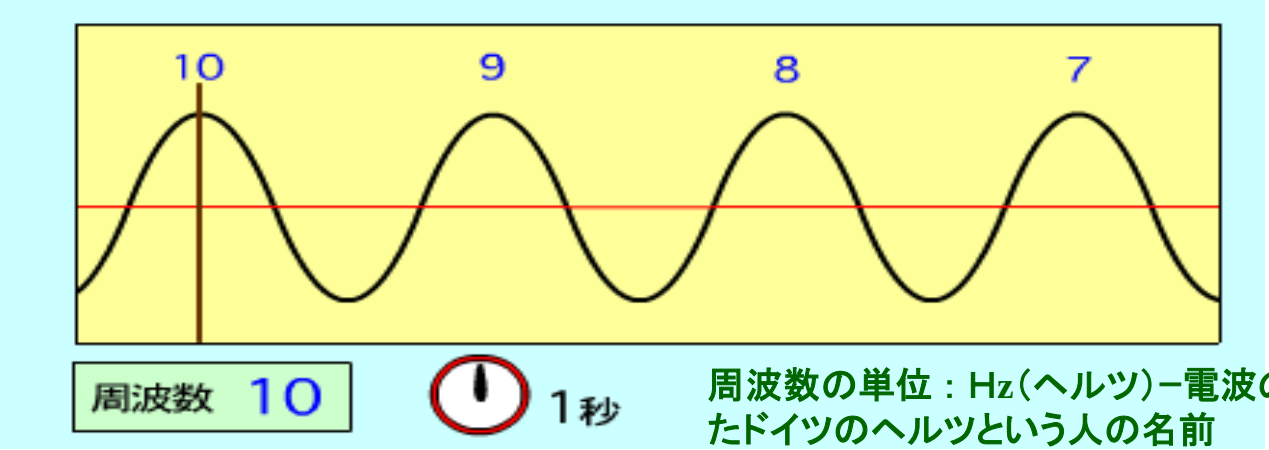
30万Km/ 1sec （1秒間に地球7．5周）

☆電波の周波数の単位：ヘルツ[Hz]（単位時間当たりの波の数）

☆周波数と波長（1サイクルの長さ）

周波数（Hz）×波長（m）＝3×10^{8}（一定）

例：10Hzの場合



周波数の単位：Hz（ヘルツ）−電波の存在を実験で立証したドイツのヘルツという人の名前

出典：総務省ホームページ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

電波の主な性質

周波数

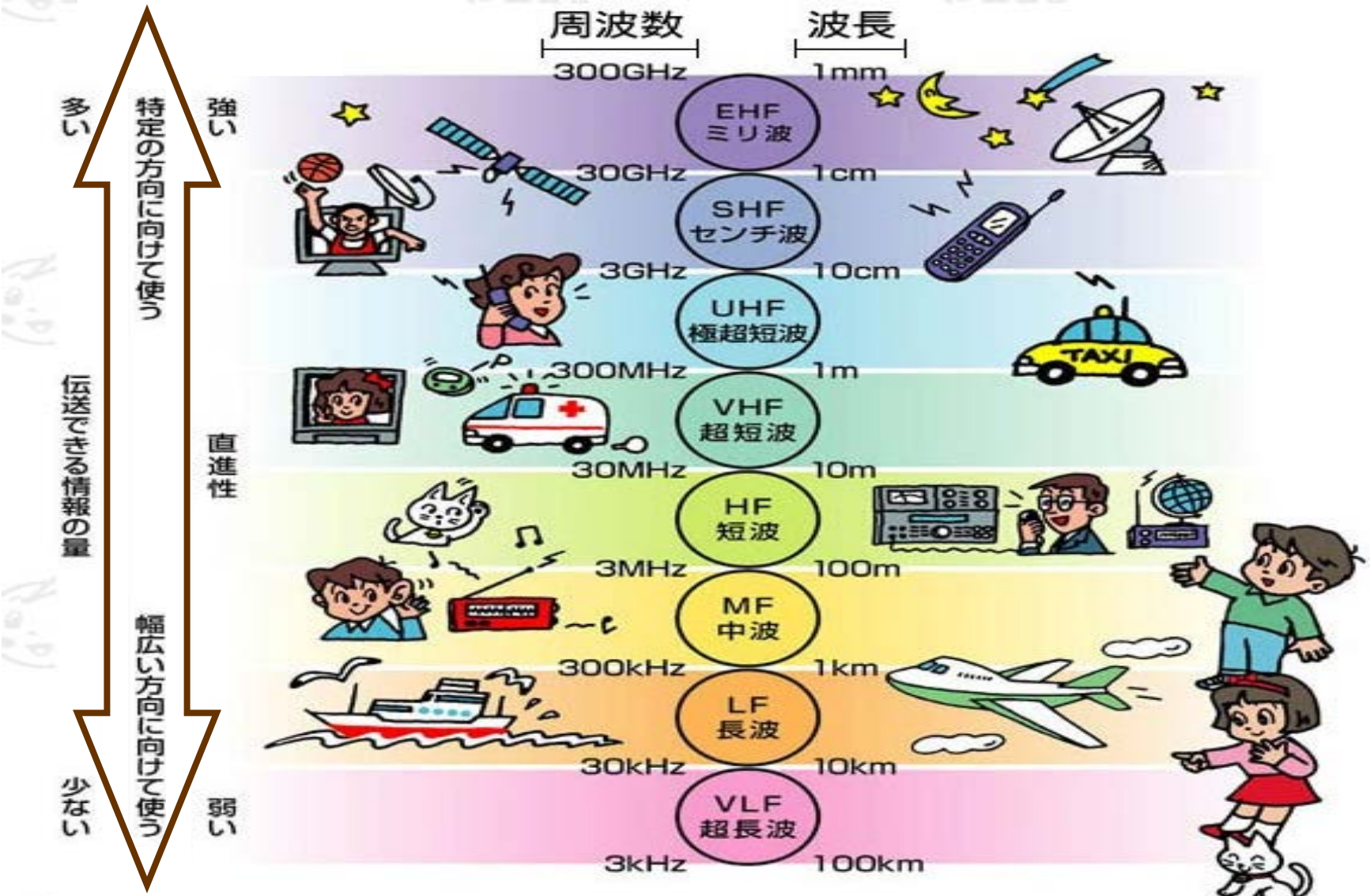
低 高

弱	直進性 →	強	低い方が見通し外のRFタグを読みやすい
大	← アンテナサイズ	小	高い方が小形化が可能
短	交信距離 →	長	交信方式の違いによる
少	情報量 →	多	高い方が多く送れる

電波は反射・合成により様々な問題が発生する。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

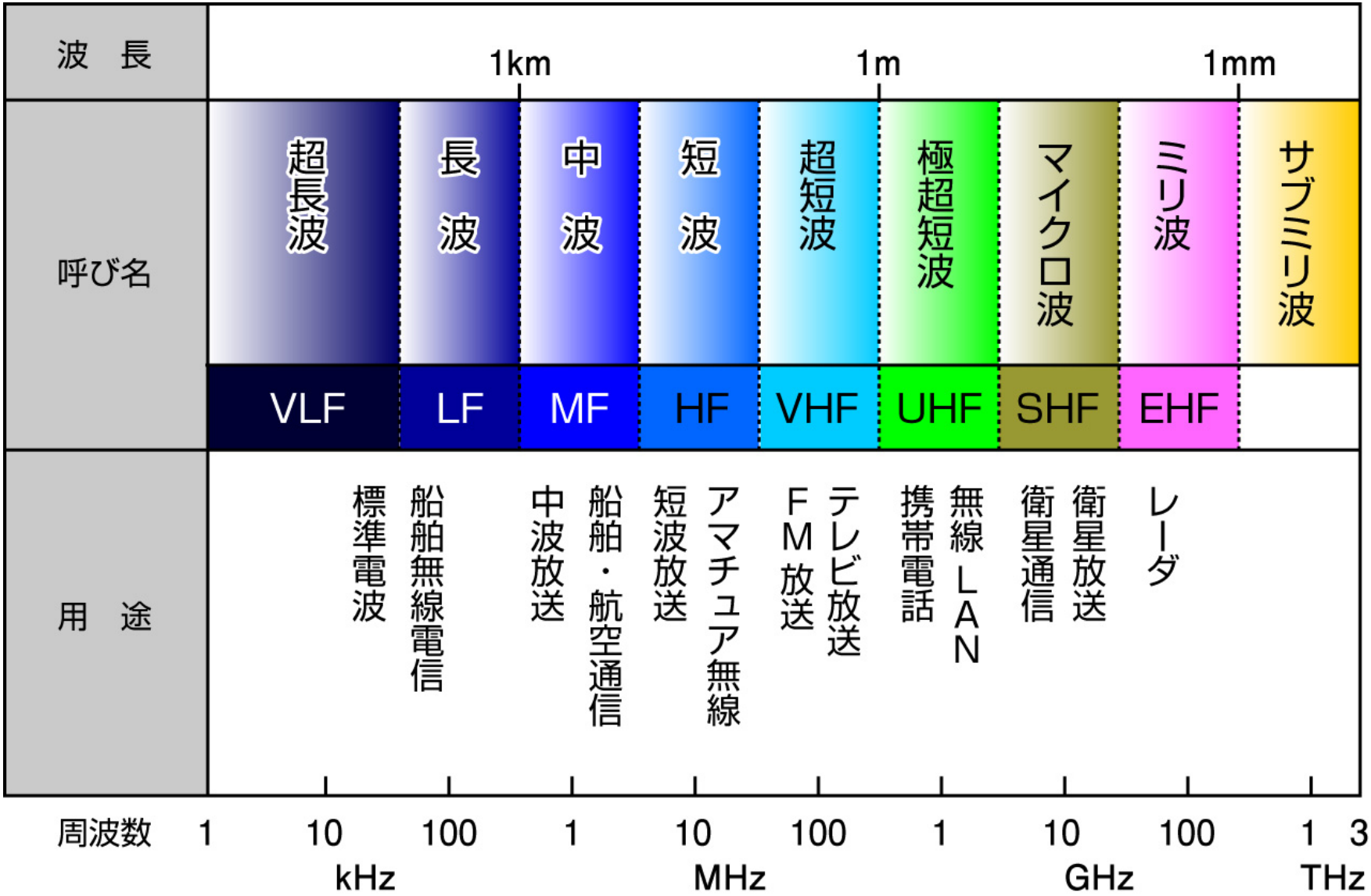
電波の性質と主な用途



出典：総務省ホームページ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波の周波数と用途



出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

RFIDとは？

(1)用語
(2)代表的なRFタグ
(3)リーダ・ライタの分類
(4)タグの形状分類と通信方法
(5)電力供給方式
(6)タグの構造とアンテナの種類

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

用語

RFID ─┬─ RFタグ
　　└─ RFカード（非接触ICカード）

RFID: Radio Frequency Identification

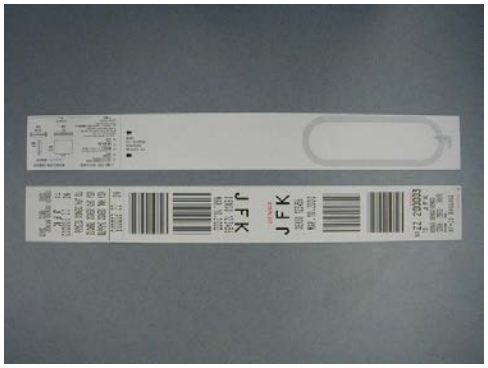
RFIDシステム	RFID、リモートID、移動体識別装置
RFタグ	電子タグ、ICタグ、無線タグ、 無線ICタグ、トランスポンダー、 非接触ICカード
リーダ・ライタ	質問器、インテロゲータ、コントローラ

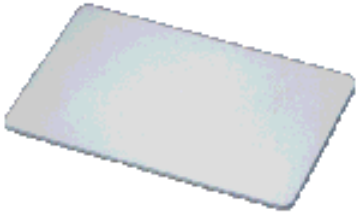
Harmonized Vocabulary

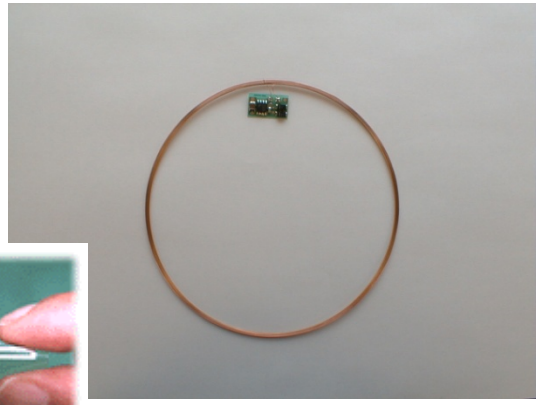
ISO/IEC 19762-1	General terms relating to AIDC
ISO/IEC 19762-2	Optically readable media
ISO/IEC 19762-3	Radio frequency identification
ISO/IEC 19762-4	Concept relationship between terms
ISO/IEC 19762-5	Locating systems

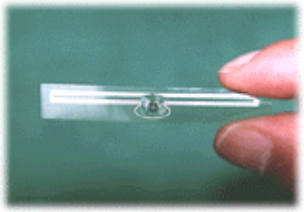
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

代表的なRFタグ



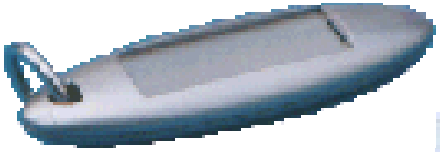


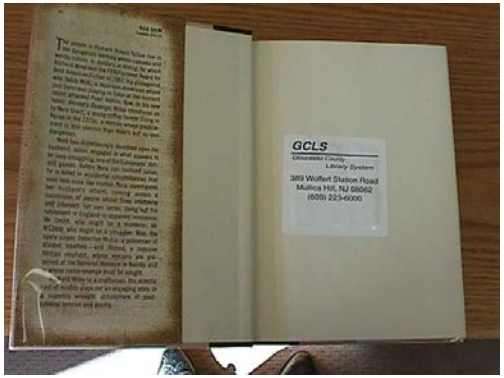


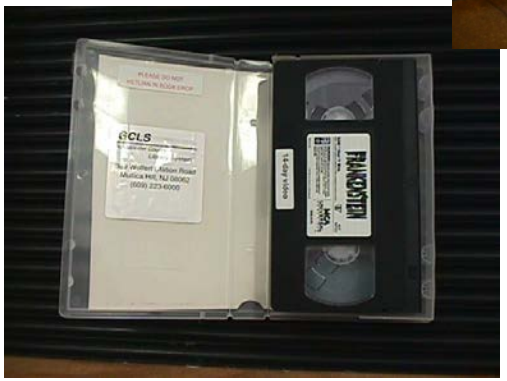


All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

代表的なRFタグ







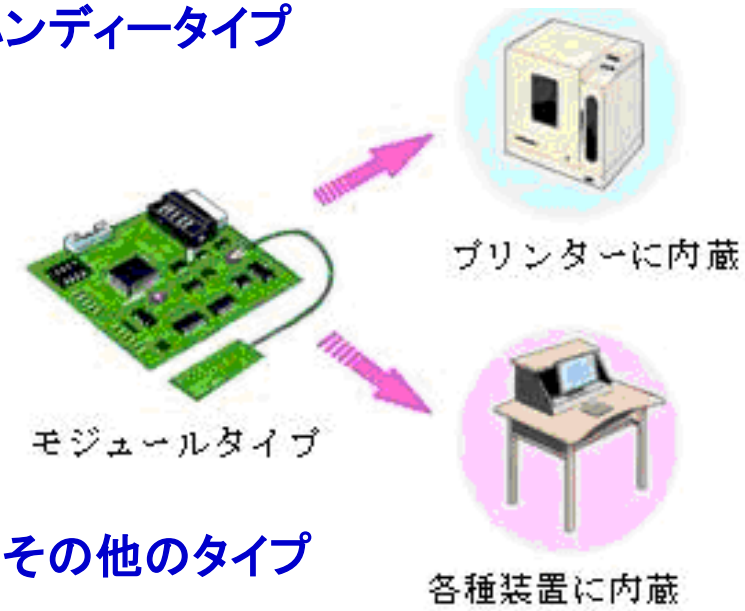
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

リーダ・ライタの分類

ゲートタイプ

ハンディータイプ

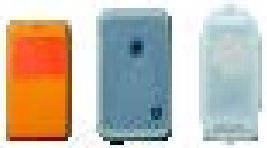
据え置きタイプ



その他のタイプ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電力供給方式

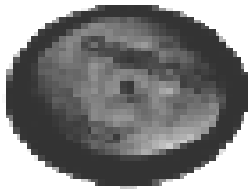
分類	機能	交信距離	特徴
パッシブ	リーダ・ライタから電力供給 （受動型）	数mm～数m	・低価格
セミパッシブ	リーダ・ライタからの電力供給と内蔵電池	数cm～数m	・高価格 ・センサー内蔵が可能 ・交信距離はパッシブと同じ
アクティブ 	内蔵電池 （能動型）	数m～数10m	・高価格 ・読取りと書込み距離が同じ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

タグの形状と通信方法

タグの形状

インレット形	ラベル形	カード形	角形

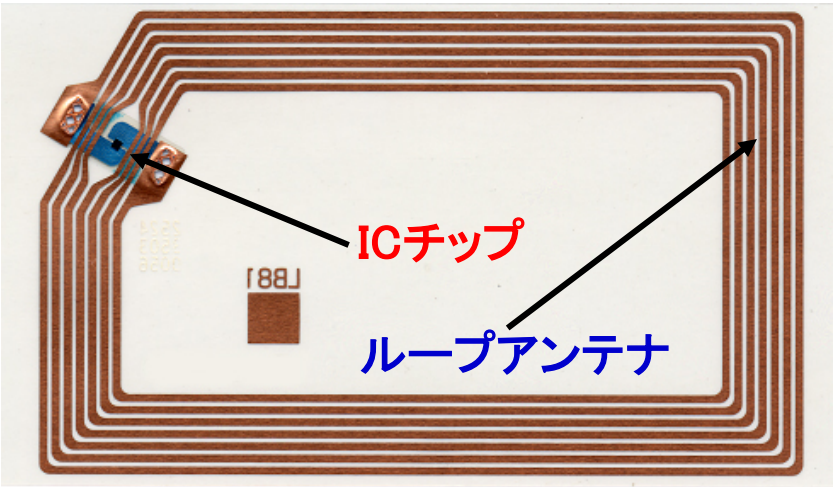
円板形	円筒形	球形	箱形
			

通信方法
- タグトークファースト
- リーダトークファースト

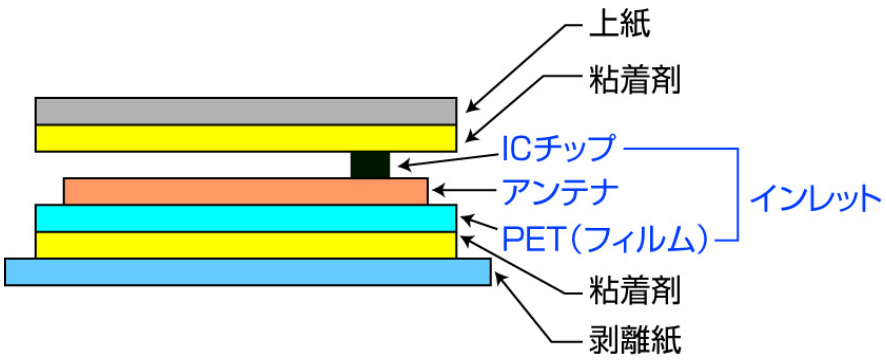
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

タグの構造とアンテナの種類

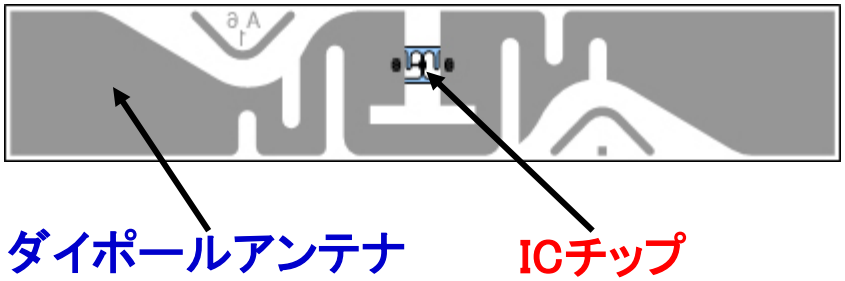
LF帯のインレット(13.56MHz)



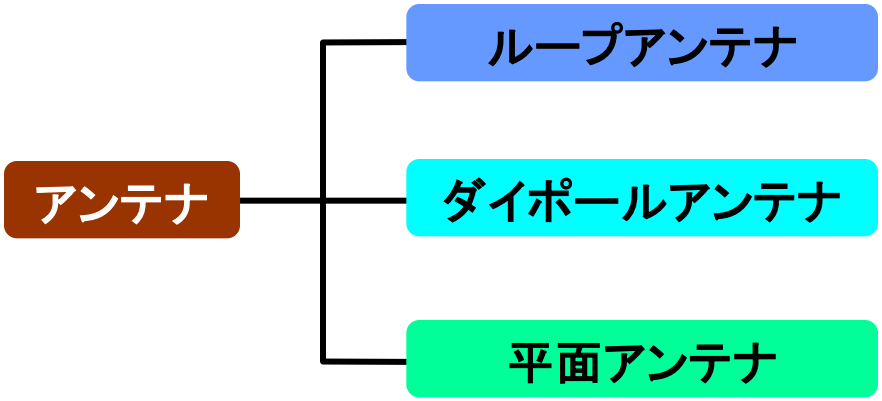
タグの構造図



UHF帯のインレット(860M～960MHz)



アンテナの種類



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

RFIDとは？　まとめ

リーダ・ライタの種類

・ゲートタイプ、据え置きタイプ、ハンディタイプ、その他のタイプ

電力供給方式

・パッシブ、セミパッシブ、アクティブ

RFタグの形状

・インレット形、ラベル形、カード形、角形、円盤形、・・・・・・

通信方法

・タグトークファースト、リーダトークファースト

アンテナの種類

・ループアンテナ、ダイポールアンテナ、平面アンテナ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

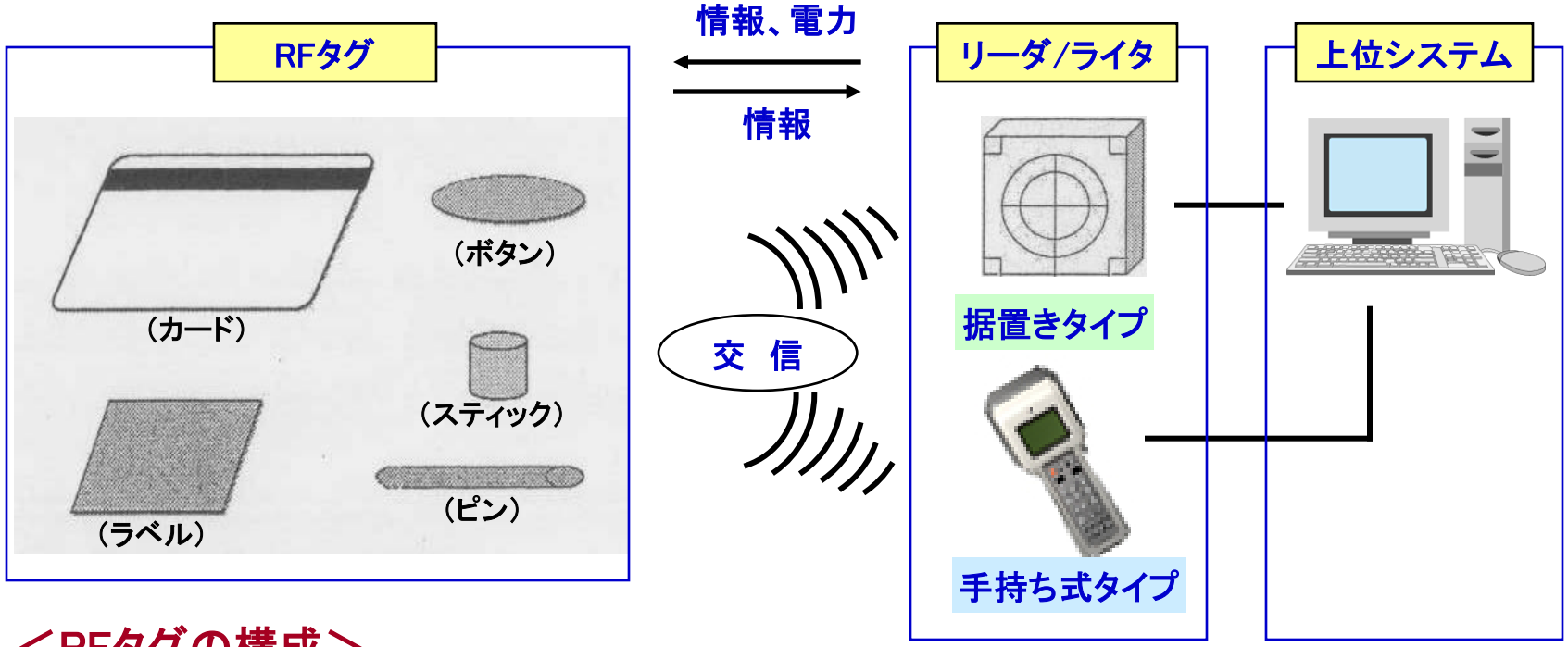
RFIDの概要

(1)システム構成
(2)使用周波数
(3)特徴
(4)交信領域
(5)メモリ分類
(6)バーコードとの比較
(7)データキャリアの比較

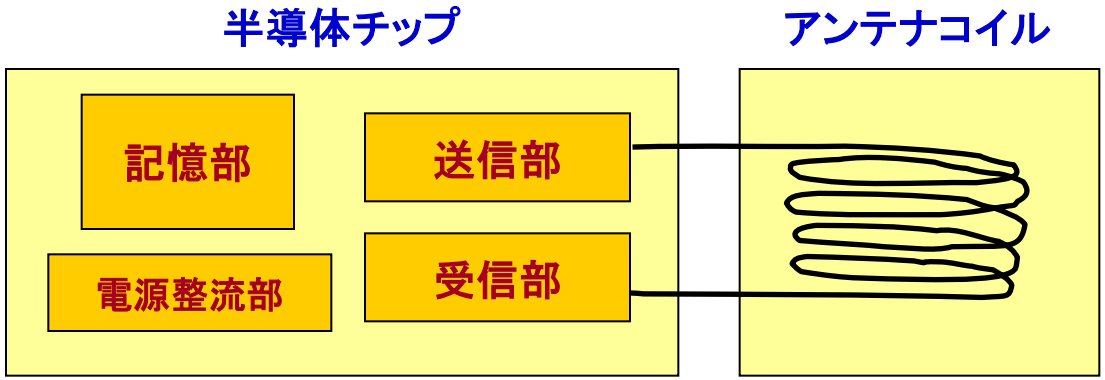
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

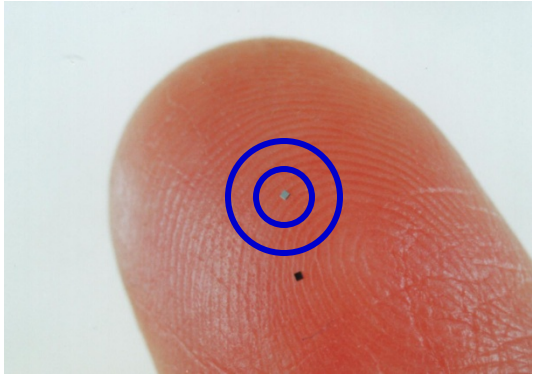
システム構成

＜システム構成＞



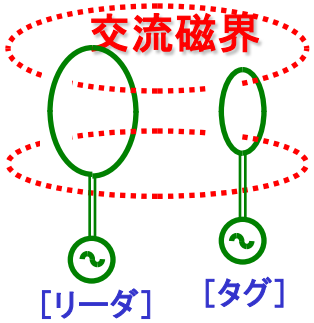
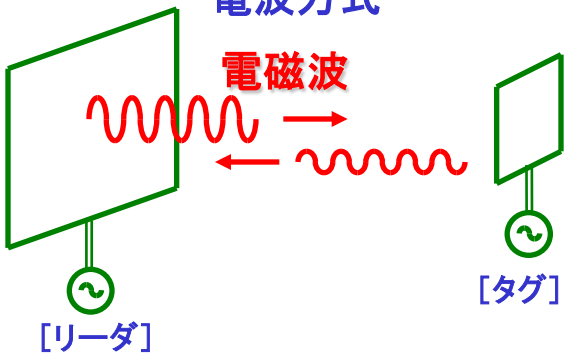
＜RFタグの構成＞





All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

使用周波数

	ISO/IEC 18000 ： 物の管理用RFID					
方式	電磁誘導方式  （交流磁界の鎖交により電圧誘起）		電波方式  （一般無線機器と同じく、電磁波の伝播）			
Part	2	3	4	5	6	7
周波数	～135KHz	13.56MHz	2.45GHz	5.8GHz	860-960MHz	433MHz
使用可否（日本）	○	○	○	―	×→○	△

日本950-956MHzを割り当てる予定
⇒ 860-930MHzを860-960MHzに変更するよう日本から提案

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

特徴

非接触でデータの読み出し(Read)、書き換え(Write)が可能

・必要な情報を自由に，しかも非接触で10万回書き換え可能

電波・電磁界で交信するため，見えなくても読み書きが可能

・バーコードと違い電波・電磁界で交信するため、表面状態に影響されない
・金属以外のもの(樹脂，水等)がアンテナとタグの間にあっても交信へ影響しない

複数の一括読み取りが可能

・交信領域に存在するRFタグを複数に一括にアクセスすることが可能
・交信領域に存在する複数のRFタグから必要なRFタグを選択してアクセスすることが可能

耐環境性、移動読み書き、高耐久性、高セキュリティ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

交信領域

アンテナ

電磁誘導方式の交信領域
（135kHz未満、13.56MHz）

タイプ	交信距離（読取距離）
密着形	数mm以下
近接形	数mm～数10mm
近傍形	数10mm～0.7m
遠隔形	0.7m以上

アンテナ

マイクロ波の交信領域
（2.45GHz）

マイクロ波、UHF帯のパッシブタグでは、読取距離と書込み距離が異なる場合がある。

アンテナ

UHF帯の交信領域
（433MHz、952～955MHz）

利用シーンに応じた周波数帯の特徴を使い分けることにより、最適なシステム構築が可能となる

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

メモリ分類

項目	メモリ種類	リードライト機能	メモリ容量
リードオンリー型（R/O）	EP-ROM	タグメーカで書込み（ユーザ書込み不可）	数10ビット
ワーム型（WORM）	EEP-ROM	ユーザで一回書込み	数10～100ビット
リードライト型（R/W）	EEP-ROM	ユーザで自由に書込み	数10～数Kバイト
	Fe-RAM	ユーザで自由に書込み	数10～数Kバイト
	S-RAM	ユーザで自由に書込み（電池あり）	数Kバイト～数10Kバイト

＊EP、EEP-ROMは書込時、大電力と時間が必要。
＊Fe-RAMは速度も速く、小電力だが耐環境性に弱点（強誘電体メモリ）。
＊S-RAMは電池がなければ動作しない。

EP-ROM：Electrically Programmable Read On Memory
EE-PROM：Electrically Erasable P-ROM
S-RAM：Static Random Access Memory
Fe-RAM：Ferroelectric- RAM
WORM：Write Once Read Many

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

1次元シンボルとの比較

（1） RFタグは、紙・木・プラスチックなどの非金属であれば、透明でなくても 透過して交信することが可能。

（2） RFタグは、耐環境性に優れ、水、油、薬品等の汚れや傷、外乱光による影響を受けない。

（3） RFタグは、読み書きが自由。（最近では、何回も書込み、消去できるロイコタイプの紙もあるが、回数に制限があり、取扱が不便である）

（4） RFタグは、遠隔の読取り、書込みが容易である。

（5） RFタグは、半永久的に使用可能。
リーダ・ライタのアンテナ側からの電力伝送により、電池不要。
繰り返し使用によりランニングコストも安価。（再利用型）

（6） RFタグは、一般的に1次元シンボルより、記憶データ容量が大きい。

（7） RFタグは、取り付け表面の状態に左右されない。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

データキャリアの比較

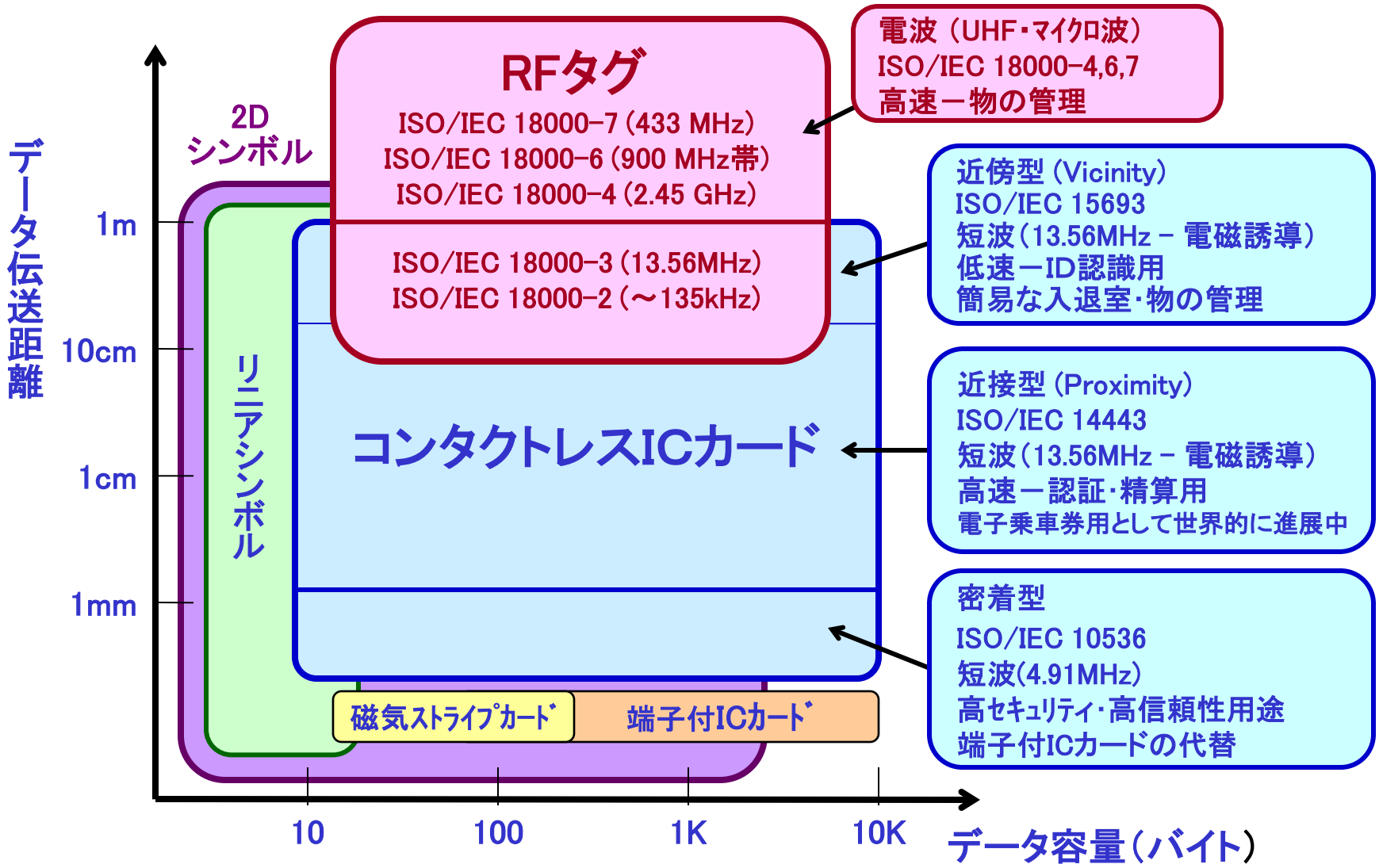
項目＼方式	RFタグ				光学的情報媒体		
	電磁誘導		電波		1次元シンボル	2次元シンボル	OCR
	～135KHz	13.56MHz	UHF	マイクロ波			
交信周波数	～135KHz	13.56MHz	433MHz 900MHz	2.45GHz	LED レーザ 可視光	LED レーザ 可視光	LED 可視光
交信距離 （原理上の実力値）	～50cm	～50cm	～4m	～2m	～2m	～1m	～10cm
データの書き込み	◎	◎	◎	◎	×	×	×
データ量（バイト）	～4K	～4K	～64K	～4K	～20	～3K	～30
耐光ノイズ性	◎	◎	◎	◎	△	○	△
耐汚れ・耐水性・耐油性	◎	○	○	△	×	×	×
遮蔽物の影響	◎	◎	△	○	×	×	×
価格	△	○	◎	○	◎	◎	◎

RFタグの特徴

データを追記できる、透過機能（耐環境封止、内部読取り）、複数一括読取り

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

データキャリアの比較



磁気ストライプカード　ISO/IEC 7810
端子付ICカード　ISO/IEC 7816

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

RFIDの概要　まとめ

システム構成

・RFIDシステムはRFタグ、リーダ・ライタ、上位システムから構成される。

使用周波数

・135KHz未満、13.56MHz、2.45GHz、860～960MHz、433MHz

特徴

・非接触で読み書き可能、複数一括読み取り可能、追記可能、・・・・・

交信距離

・135KHz未満≒ 13.56MHz＜ 2.45GHz ＜ 860～960MHz≒ 433MHz

アンテナの種類

・ループアンテナ、ダイポールアンテナ、平面アンテナ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

RFIDの法規制

(1)電波法
(2)電波法-電波防護
(3)EMC
(4)安全
(5)環境

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

法規制の範囲

ISO9000シリーズ（品質保証システム）やISO14001（環境マネジメントシステム）など、ヨーロッパを中心として、法規制が整備されている。

電波法	→	［RFタグシステム］
電波防護規格	→	意図的電波放射の規制
EMC規格	→	不要な電波輻射の規制
安全規格	→	火災・感電の防止

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波利用の国際状況

使用する電波は、世界中で使えること

ITU-R

第一地域
ヨーロッパ、
ロシア、アフリカ

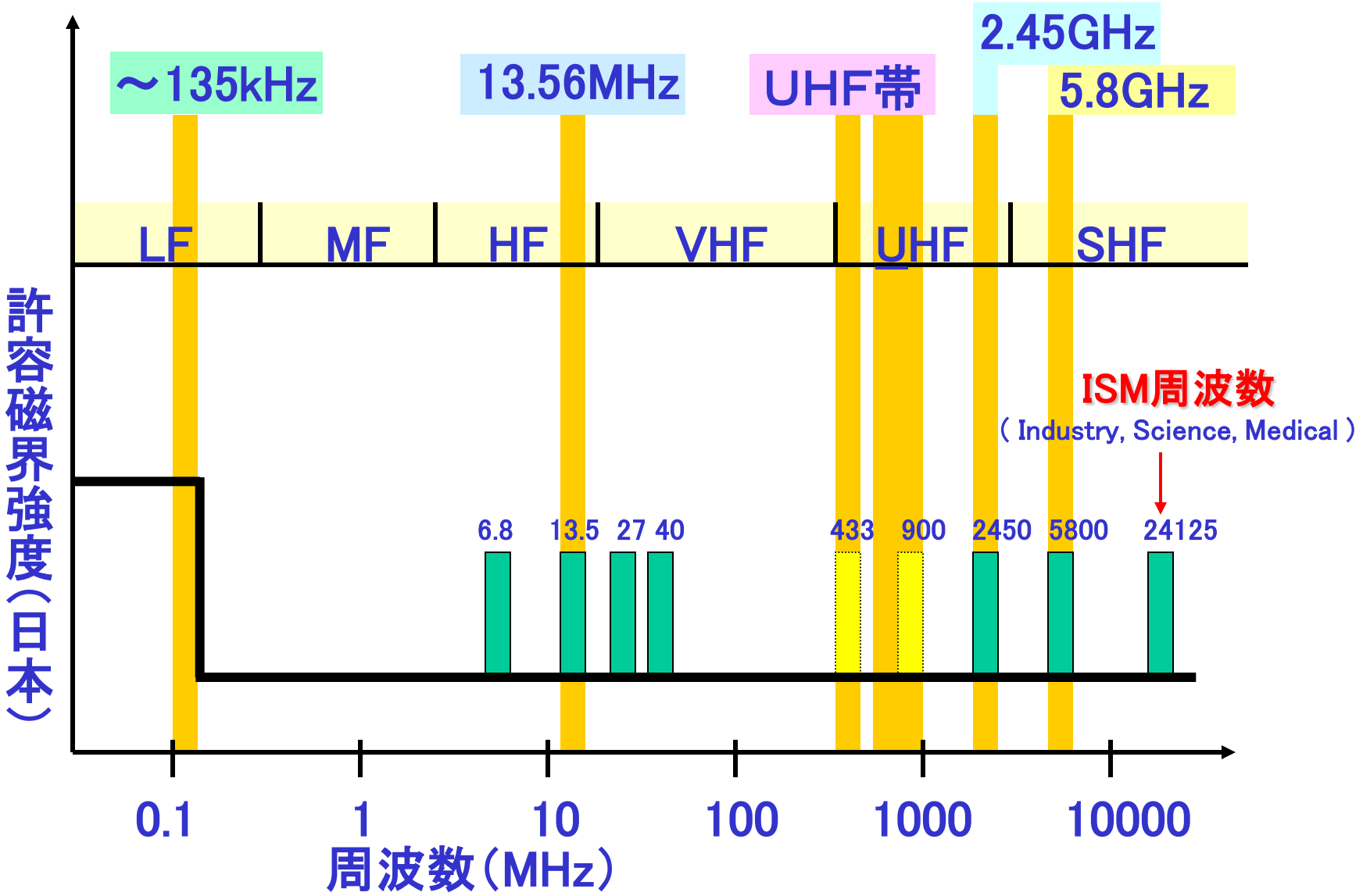
第三地域
オーストラリア、
日本、東南アジア

第二地域
南北アメリカ

ITU-R　International Telecommunication Union – Radio communication sector

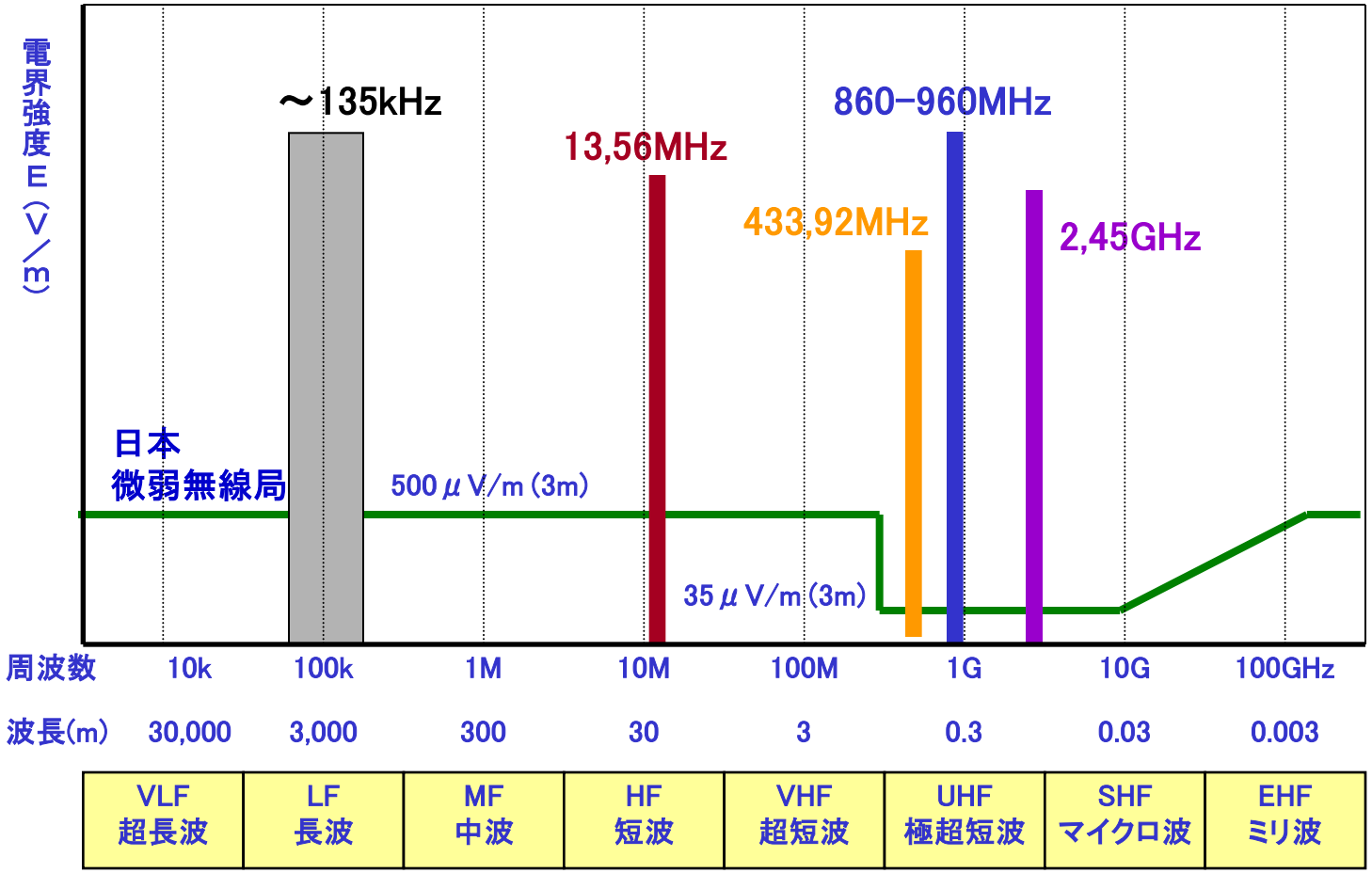
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

ISM(工業、科学、医療)周波数



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

国際標準化対象周波数帯



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波法

国際組織 ITU-R

	日本	欧州	米国
必須	日本電波法 総務省(MPHPT) ↓	R&TTE指令 ERC/REC 70-03 ↓ ﾖｰﾛｯﾊﾟ各国電波法	FCC Part 15
任意	ARIB標準規格 ARIB-STD-□□		

ITU-R : International Telecommunication Union – Radiocommunication sector 国際電気通信連合 無線通信部門

総務省電波利用HP http://www.tele.soumu.go.jp/ ARIB: 社団法人 電波産業会 http://www.arib.or.jp/

R&TTE指令: EC指令 1999/5/EC Radio Equipment & Telecommunications Terminal Equipment 電波規格 EN 300 330など

ERC/REC 70-03 : ERC(欧州無線通信委員会)Recommendation 70-03(短距離無線機器の電波規制)

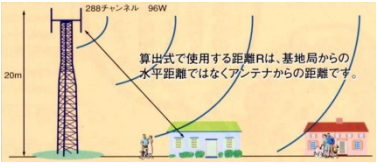
FCC: Federal Communications Commission 連邦通信委員会 http://www.fcc.gov/

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波法-電波防護

	日本	欧州	米国
必須	電波法施行規則第二十一条の三 「電波の強度に関する安全施設」		
任意	電波防護標準規格 RCR STD-38 2.0版	EN 50357 EN 50364	IEEE STD C95.1

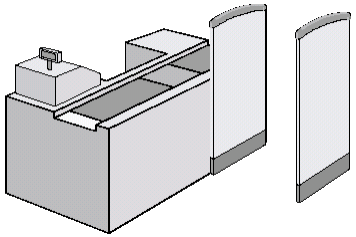
1999年10月1日施行。規定値を越える場合は「取扱者のほか容易に出入りすることができないように、施設を設けなければならない。」）



ヨーロッパ規格　EN50357、50364

RFIDと万引き防止装置（Electronic Article Surveillance、EAS）に関する人体防護の評価方法と制限値

（2001年10月発行）

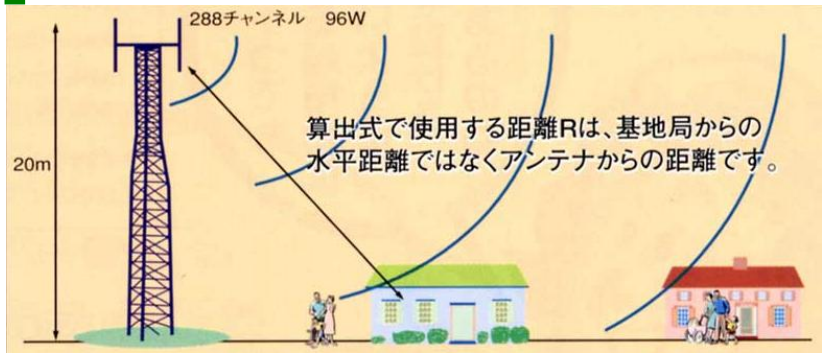


All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

電波法-電波防護

電波法施行規則 第二十一条の三　（1999年10月1日施行）「電波の強度に関する安全施設」

携帯電話の基地局等がメインの対象だが、RFタグも対象となる。

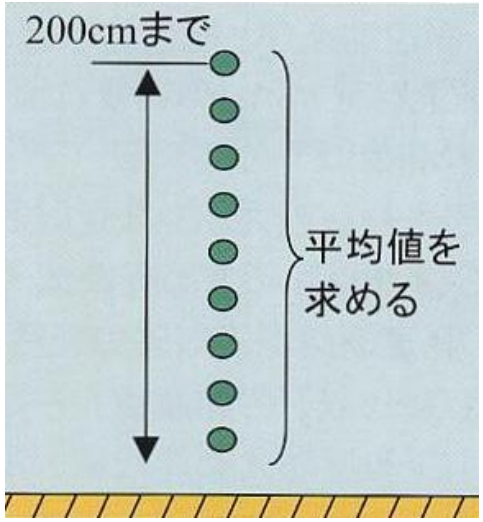


ワイヤレスカードシステム（13.56MHz RFタグ）の場合

13.56MHzの規制値
磁界強度 0.16 A/m

≒

ISO/IEC 15693-2
（近傍型 ICカード）の
最小動作磁界強度
0.15 A/m



人体は不均一にばく露されるため、空間的な平均値（自乗平均値の平方根）を求めることで、規制値を下回り、合格することができた。

$$\overline{H} = \sqrt{\frac{H_1^2 + H_2^2 + \cdots + H_N^2}{N}}$$

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

電波法-電波防護

RCR STD-38

電磁界強度規格（一般環境、管理環境）

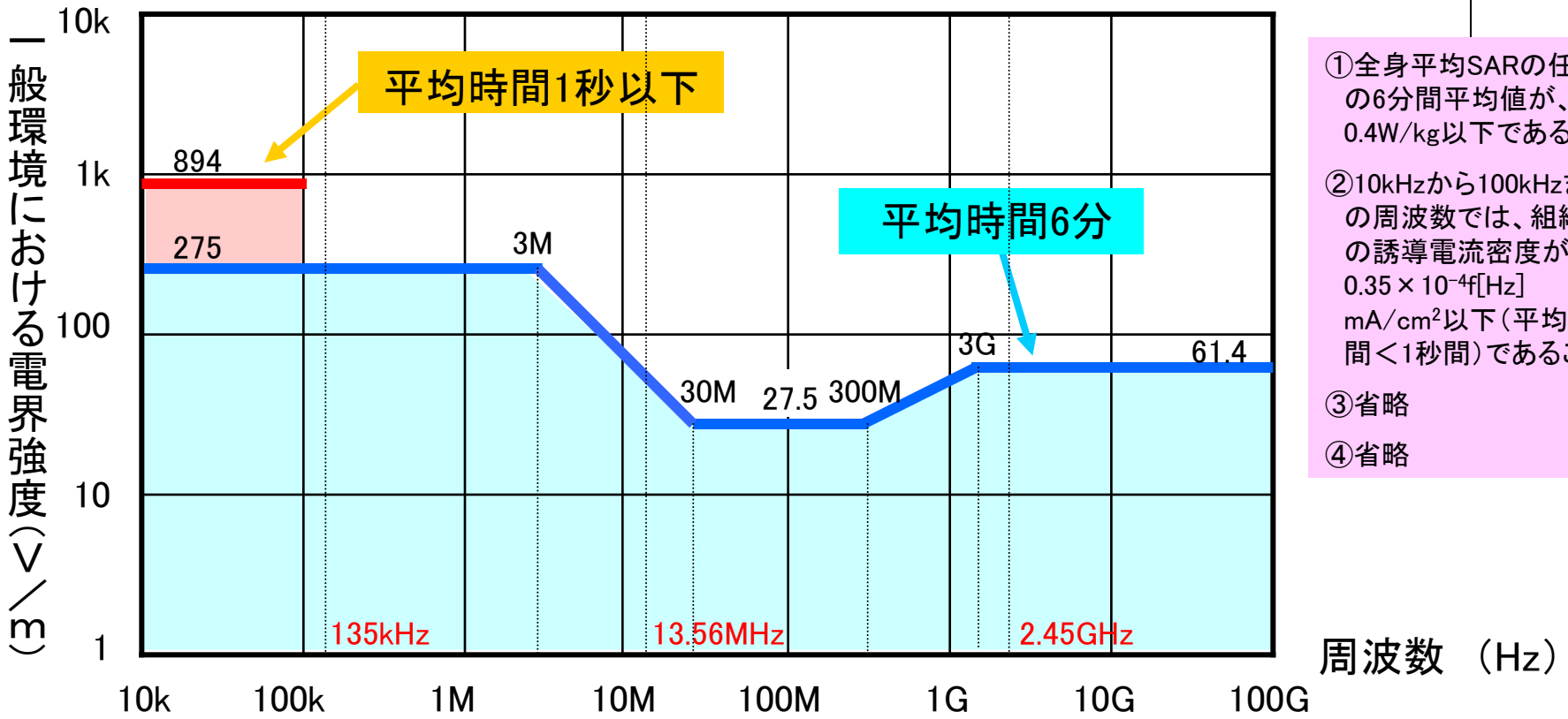
局所吸収規格（一般環境、管理環境）

補助規格（3項目）

根拠

厳密な評価

基礎指針



①全身平均SARの任意の6分間平均値が、0.4W/kg以下であること

②10kHzから100kHzまでの周波数では、組織内の誘導電流密度が $0.35\times10^{-4}f$[Hz] mA/cm^{2}以下（平均時間＜1秒間）であること

③省略

④省略

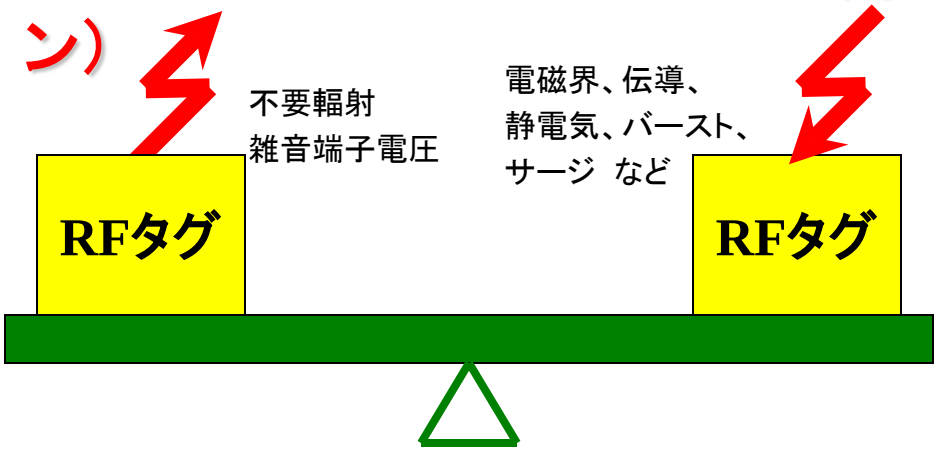
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

EMC＝電磁両立性

EMI対策とEMS対策が両立できること

EMI（エミッション）

EMS（イミュニティ）



環境	EMI	EMS
商業（RFID）	クラスB（厳）	例 3V/m
工業	クラスA	例 10V/m

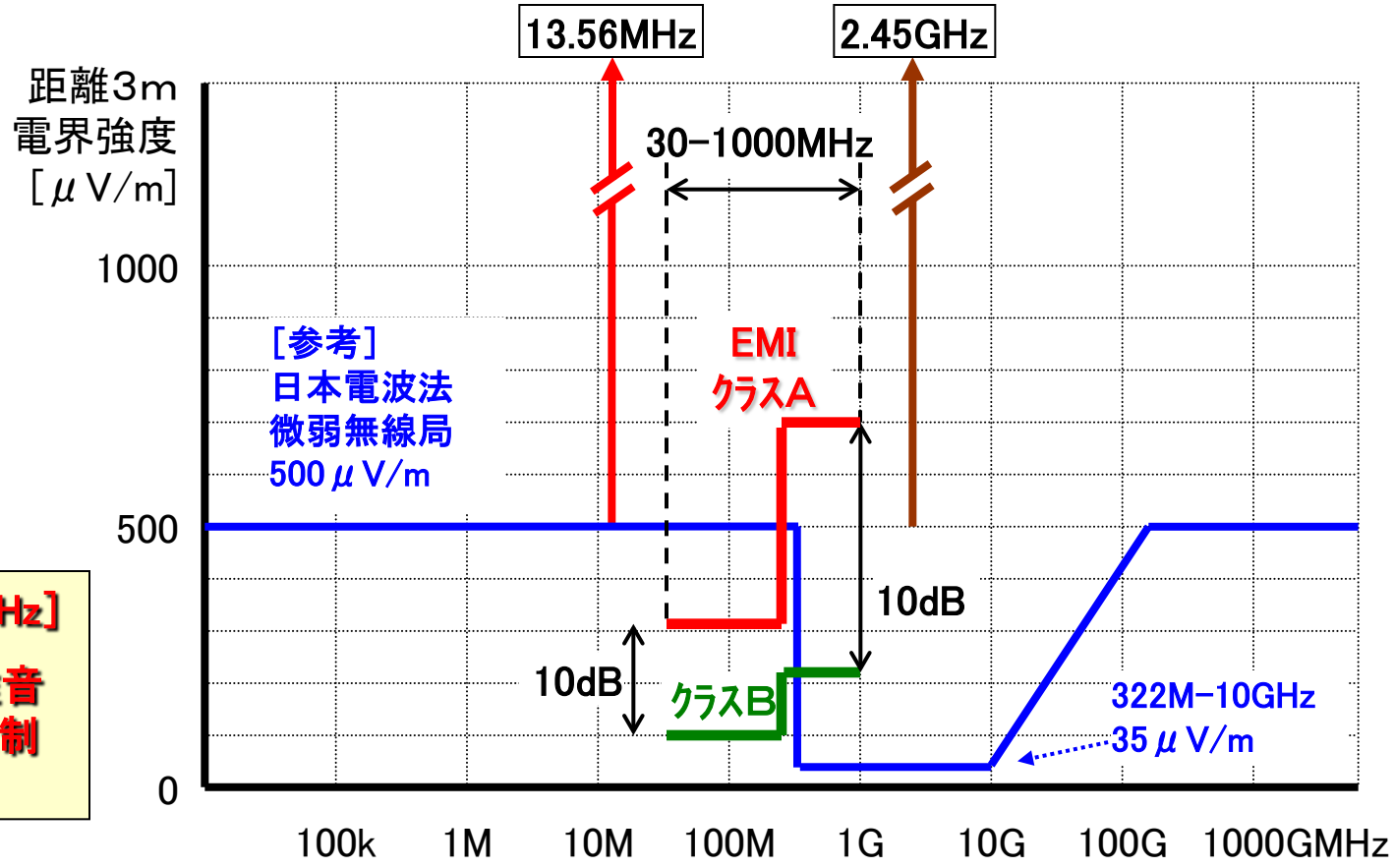
対象周波数 150kHz～1000MHz

EMC: Electro-Magnetic Compatibility
EMI: Electro-Magnetic Interference
EMS: Electro-Magnetic Susceptibility

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

EMI 放射妨害 クラスB
（ヨーロッパではRFIDに適用）

クラス	30-230MHz	230-1000MHz
A	50dB	57dB
B	40dB	47dB



[150kHz-30MHz]

電源端子の雑音端子電圧で規制されている。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

EMC

	日本	欧州	米国
必須		EMC指令 EMI & EMS EN 301 489	FCC Part 15 15.207, 209 (= EMI)
任意	EMI: VCCI EMS: JIS C 1000等		

VCCI: 情報処理装置等電波障害自主規制協議会　http://www.vcci.or.jp/index.html

JIS: JIS C 1000シリーズは 国際規格 IEC 61000シリーズ、ヨーロッパ EN 61000シリーズとコンパチ

EMC指令: EC指令 89/336/EEC　Electromagnetic Compatibility

EN 301 489-1, -3: 短距離無線機器のEMC規格

FCC: FCC Part 15 は、電波とともに、EMI(エミッション)も規制している。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

安全

	日本	欧州	米国
必須	電気用品安全法	低電圧指令 例：EN 60950	UL規格 例：UL60950
任意	JIS 例：JIS C 6950		

電気用品安全法：旧「電気用品取締法」が2001年4月1日に電安法に移行。
規格例：J60950

JIS C 6950：情報技術機器の安全性　※国際規格 IEC 60950、ヨーロッパ規格 EN60950、アメリカ UL60950とコンパチ

低電圧指令：EC指令 73/23/EEC Safety of Low Voltage Equipment

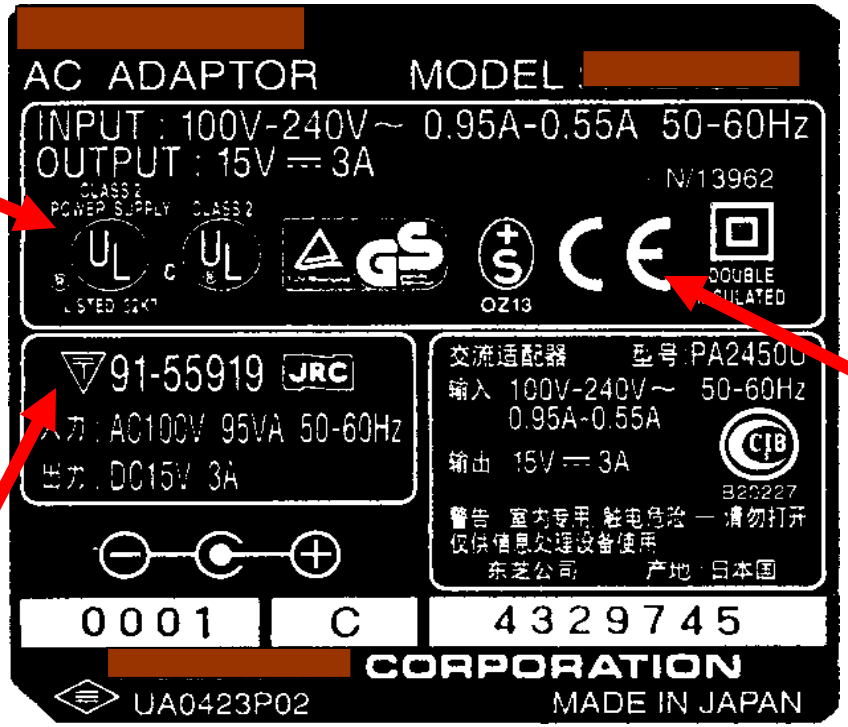
UL：Underwriters Laboratories Inc. 民間会社の規格であるが、
アメリカの州法や都市条例で強制規格化されている。

LISTINGマーク　RECOGNITIONマーク

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

安全

例: ノートパソコンのACアダプタのラベル



米国 UL

欧州
CEマーキング
（低電圧指令）

日本　電気用品取締法

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

RFIDの法規制まとめ

RFIDは、「短距離無線機器」と見なされており、一般無線機器と同様の規制を受ける。電波法だけでなく、人体防護、植込み型医療機器への影響、EMC規格などに注意しなければならない。下表の◎は必須（罰則あり）、○は任意の規格を示す。

項目		日本	ヨーロッパ（EU）	アメリカ合衆国
電波法		◎日本電波法（総務省） ○ARIB規格	◎R&TTE指令（1999/5/EC） ◎ERC/REC 70-03	◎FCC Part 15 Subpart C など
人体防護 医療機器		◎日本電波法 ○電波防護標準規格RCR STD-38	○EMF勧告（1999/519/EC）	◎FCC RF Exposure要求 ○IEEE STD C95.1
EMC	エミッション	○VCCI	◎EMC指令（89/336/EEC） CEマーク	◎FCC Part 15 Subpart B、C
	イミュニティ			
電気安全		○電気用品安全法（PSEマーク） ○JIS規格など	◎低電圧指令（73/23/EEC）） CEマーク	○UL規格
環境対応			◎WEEE指令（2002/96/EC） ◎RoHS指令（2002/95/EC）	

EMC：Electro-Magnetic Compatibility 電磁両立性 WEEE：廃電気電子機器指令 RoHS：有害物資使用制限（鉛、水銀など6物質）
R&TTE指令：EC指令 1999/5/EC Radio & Telecommunications Terminal Equipment 電波規格 EN 300 330など
ERC/REC 70-03 ： ERC（欧州無線通信委員会）Recommendation 70-03（短距離無線機器の電波規制）
FCC： Federal Communications Commission 連邦通信委員会 UL：Underwriters Laboratories Inc（米国保険業者安全試験所）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

RFIDの法規制　まとめ

法規制の範囲

・電波法、電波防護規格、EMC規格、安全規格

電波法

・日本；電波法、　欧州；R＆TTE指令、　米国；FCC

電波防護

・日本；RCR、　欧州；EN、　米国；IEEE

EMC

・135KHz未満≒ 13.56MHz＜ 2.45GHz ＜ 860～960MHz≒ 433MHz

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

RFIDの原理

(1)基礎用語
(2)電磁誘導方式
(3)電波方式
(4)リーダ・ライタの構成
(5)符号化と復号化
(6)伝送路の符号化
(7)変調と復調
(8)アンチコリジョン

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

基礎用語

実効等方放射電力

放射電力は、dBmで定格が表される。アンテナの送出電力は、EIRP（Effective Isotropic Radiated Power：実効等方放射電力）として測定される。EIRPは、アンテナゲイン（単位はdBi）に送信機の出力（単位はdBm）を加えたものからケーブルロス（単位はdB）を引いて算出する。

EIRPが、アイソトロピックアンテナを基準とした電力であるのに対し、ダイポールアンテナを基準にした電力は「ERP」と呼ばれる。この場合、日本語では「実効放射電力」と呼ばれる。

アンテナ利得

入力電力を等しくし、アンテナがある方向へ放射した電力と基準アンテナが同一距離の点に放射した電力の比を、アンテナの利得という。

アンテナは、入力されたエネルギーを一定方向に集中して放射することができるが、この放射の集中の度合いはアンテナの種類や方式によって差がある。すなわち、入力された電力の指向性を有さない全方向に放射するアンテナと、指向性を持たせて効率よく集中させるアンテナでは、電波の到着距離に差が出る。この差が利得の差になり、利得が高ければ高いほど指向性が鋭くなる。アンテナの利得は、「被試験アンテナと基準アンテナに同一電力を加えた場合の、最大電界方向での受信電力の比」で表す。アンテナの利得を表すには、アイソトロピックアンテナを基準にする方法と、他の種類のアンテナ（一般的には半波長（λ/2）ダイポールアンテナ）を基準にする方法とがある。

出典：よくわかるRFID（オーム社）

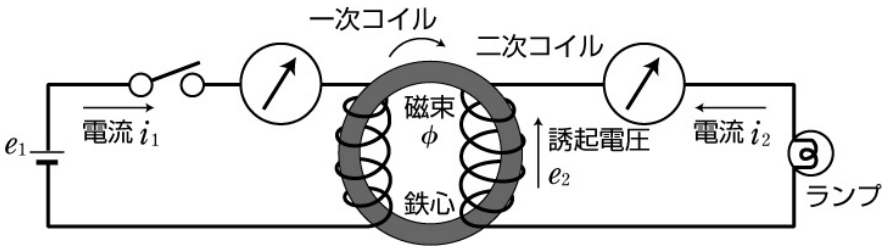
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電磁誘導方式

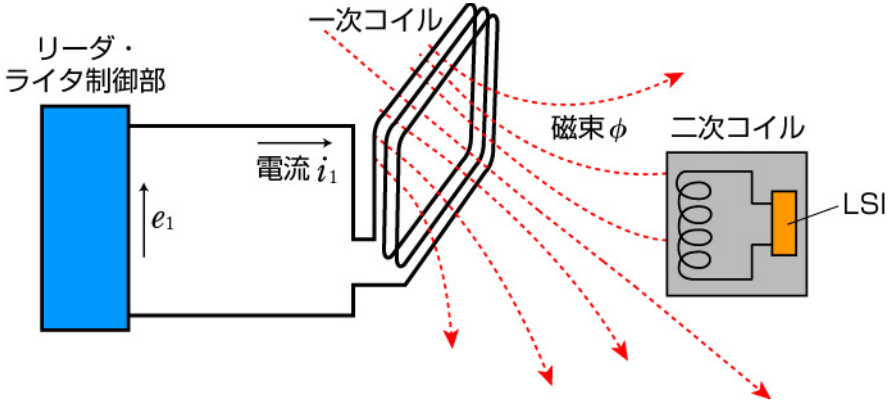
電磁誘導方式

1831年、ファラデー氏（イギリス）は、円状に巻いた導線に磁束を交差させたとき、その磁束の変化に応じた大きさの起電力（誘導電流）が導線に発生し、磁束の変化が大きいほど、またその磁束を受ける導線（アンテナ）の面積が大きいほど起電力も大きくなることを発見した。磁界エネルギーは、距離の3乗に反比例して急激に減衰し、近傍界（λ/2π以下の距離。λ：波長）を超えることはない。例えば、13.56MHzのλ/2π（λ＝約22m）は3.5mであるのに対して、2.45GHzのλ/2（λ＝約12cm）は1.9cmとなり、波長が短いと十分な距離の近傍界が得られないことがわかる。このため、電磁誘導方式は、波長の長い周波数を使用するRFIDで採用されている電力伝送方式である。この方式のリーダ・ライタは、磁界を発生させるためにループアンテナを使用し、RFタグはアンテナ内に磁束を交差させ、磁界のエネルギーを得るために適したコイルアンテナを採用している。

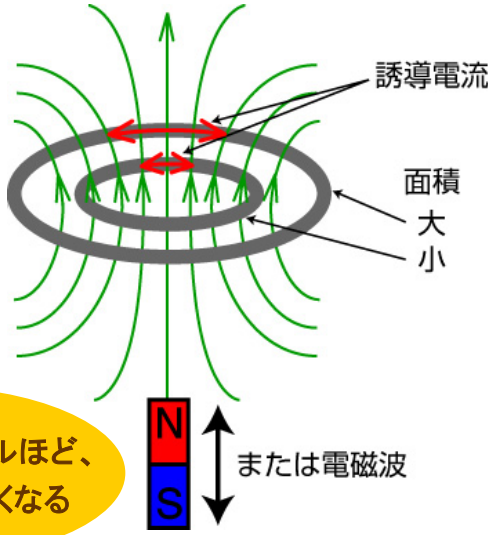
原理



RFIDへの応用例



電磁誘導方式の原理



面積の大きいコイルほど、
誘導電流が大きくなる

出典：よくわかるRFID（オーム社）

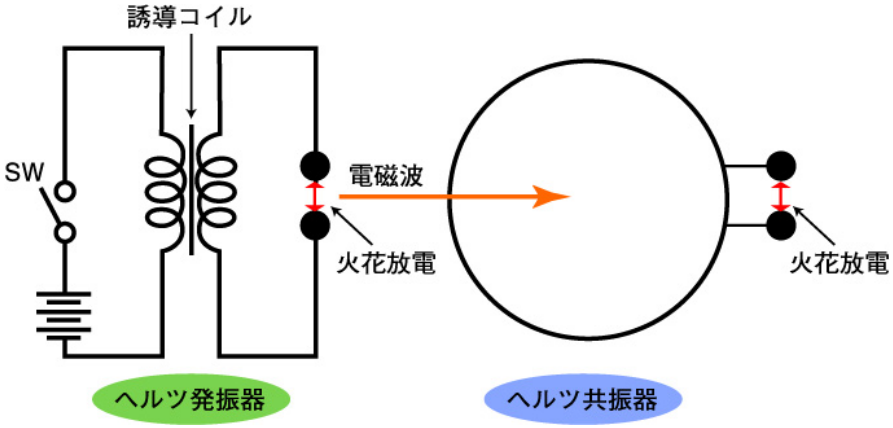
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波方式

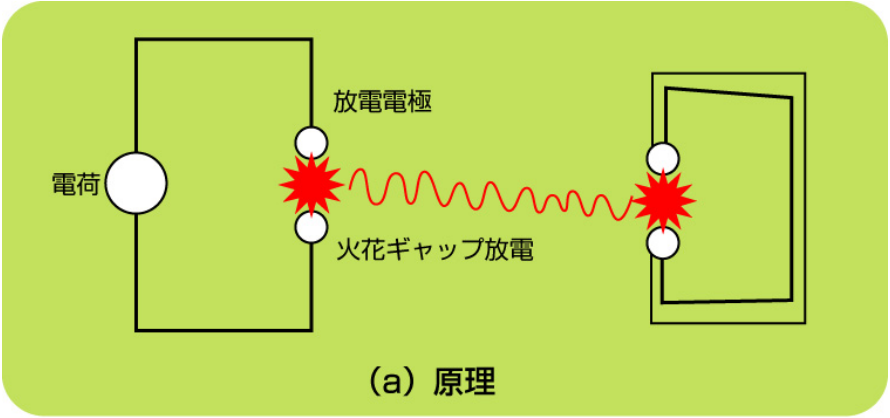
電波方式

1888年、ヘルツ氏(ドイツ)は、ヘルツ共振器を使用して発信源から離れたところで火花放電(エネルギーの移動)が起きる実験を行い、電波が空中を飛ぶことを実証した。電界は、磁界と違って距離の2乗に反比例して減衰するため、近傍界(λ/2π)を超えて飛ぶことができる。このため、十分な近傍界領域が得られない波長の短い周波数、例えば900MHz帯や2.45GHzを使用したRFIDの電力伝送は、一般に電波方式を使用する。この方式のリーダ・ライタとRFタグは、電波の発信と受信に適した平面アンテナやダイポールアンテナなどが使用される。

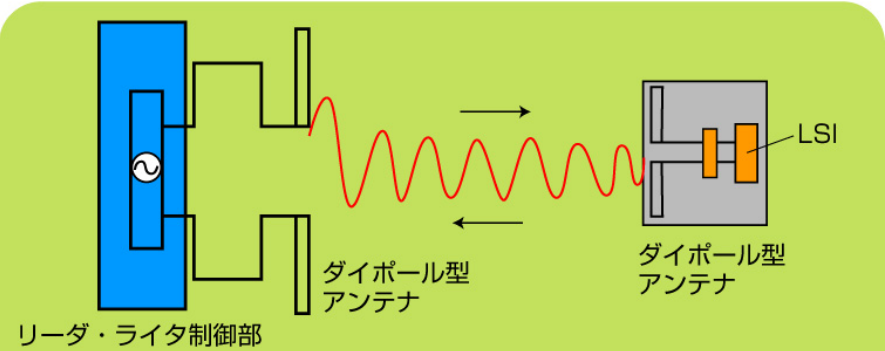
ヘルツ発振器と共振器



ヘルツの火花放電による電磁波の発生



(a) 原理



(b) RFID への応用例

出典:よくわかるRFID(オーム社)

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

リーダ・ライタの構成

リーダ・ライタ

リーダ・ライタは、上位機器（パソコン、制御機器など）とRS232C、RS422、有線LAN、無線LANなどのインターフェースを用いて、コマンドやデータの通信を行う。RFタグとの交信は、アンテナを用いて定められた周波数の搬送波を使用して行う。送信データは、制御回路で符号化して変調回路で変調された後、送信回路を経由してアンテナへ送られる。送信データは、アンテナから入力されて復調回路で復調し、制御回路で符号化される。

制御回路

制御回路は、上位機器との通信制御、RFタグとの交信制御など、すべての制御を行う。RFタグへ送信する符号化されたコマンドやメモリへ書き込むためのデータなどを、必要なタイミングで変調回路へ出力する。また変調回路から入力されたRFタグからの返信やメモリデータなどを符号化して、上位機器に通信する。制御プログラムやアプリケーション用データを格納するメモリ回路も制御回路に入っている。

変調回路

変調回路は、制御回路から送られてくるコマンドやデータを発振回路で生成された搬送波に重畳して変調し、送信回路へ送信するための回路である。RFIDでは、振幅偏移変調、周波数偏移変調、位相偏移変調などいろいろな変調方式がある。

送信回路

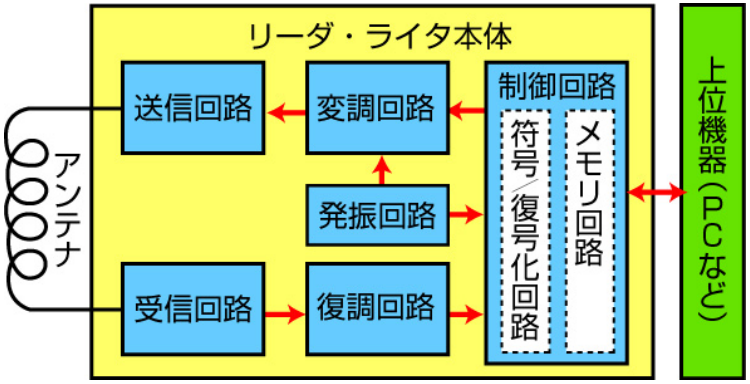
送信回路は、変調回路から送られてくる搬送波に重畳されたコマンドやデータをアンテナに送信するための回路である。信号を増幅するための増幅回路、不要な周波数を減衰させて送信すべき周波数のみを通過させるフィルタ回路から構成される。

受信回路

受信回路は、アンテナを経由して入ってくるRFタグからの微弱な搬送波を受信するための回路であり、受信搬送波や不要なノイズをカットするための回路である。受信搬送波や不要なノイズを、次に渡す復調回路に混入させないことが重要である。受信回路の性能により、復調時のエラー発生率が左右される。必要な信号のみを通過させるフィルタ回路と、入力信号のみを増幅する増幅回路から構成される。

復調回路

復調回路は、受信回路から入力したRFタグからのコマンドやデータを復調して制御回路へ渡す役割を担う。変調回路での変調方式に従って、コマンドやデータを復調する。



出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

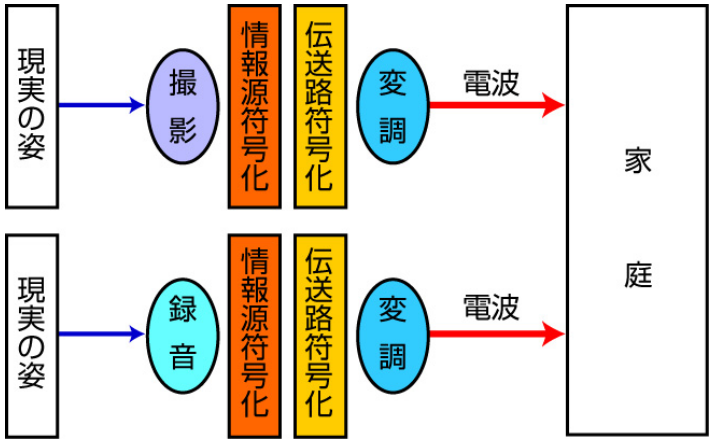
符号化と復号化

情報源符号化

符号化は、送信する“1”、“0”のデジタル情報を“H”、“L”のデジタル波形に変換するプロセスである。変換されたデータを符号と呼び、符号から元の情報へ戻すことを復号化と呼ぶ。この符号化には、情報源符号化と伝送路符号化の二つがある。

文字、画像、音声などの情報の符号化を、情報源符号化という。符号化の対象となる情報の性質に適した符号化方式を用いる。

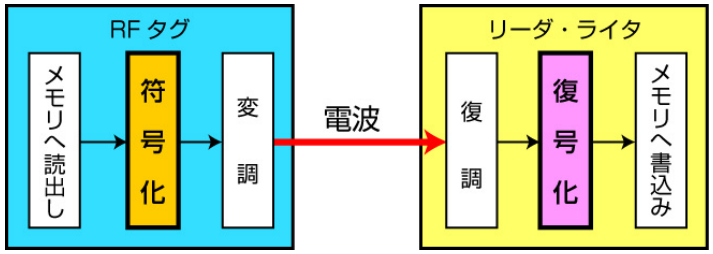
画像や音楽のようなアナログ信号は、非常にデータ量が多いため、コンピュータでデータを効率よく扱うためにはデータを圧縮する必要がある。アナログ信号を符号化する方法は、ISO/IEC JTC 1 SC29で符号化方式が標準化されている。画像（動画）は、JPGE（Joint Photographic Expert Group）符号、MPEG（Moving Picture Expert Group）符号が、音声はMP 3（MPEG Audio Layer 3）符号などがよく使用される符号化方式である。コンピュータは、通常、8ビット（1バイト）単位でデータ処理を行うので、ほとんどの符号化方式では文字や画像などをバイト列として表現する。情報源符号化は、文字、画像や音楽などのデータをデジタルデータへ変換するものである。



伝送路符号化

情報源符号化されたデジタルデータを、情報を送る伝送路に適した形に再度符号化することを伝送路符号化という。RFタグが、リーダ・ライタに対してデータを送信する場合を考える。リーダ・ライタがRFタグからデータを読み出す場合、RFタグは送信する“1”、“0”のデータ列を内部で作り出してから、それを電波にしてアンテナから送出しようとする。このデータ列を搬送波に載せるうえで、適当な（例えば、ノイズに強い、電波の周波数広がりが少ない）“H”、“L”のデジタル信号の形式である伝送路符号に変換する。RFタグで使用されている代表的な伝送符号化例としては、非ゼロ復帰コード、ゼロ復帰コード、マンチェスタ符号化、ミラー符号化などがある。

RFタグのリード時の符号化および復号化



出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

伝送路の符号化

非ゼロ復帰コード
（NRZ：Non Return to Zero code）

非ゼロ復帰コードは、伝送路符号化としては最も基本的な符号である。論理的デジタルデータ、すなわち“1”、“0”の並びをそのまま電気的デジタルデータである“H”、“L”に変換する。非ゼロ復帰コードは、簡単な仕組みでは用いられているが、電波に載せて直接送り出す符号としてはあまり適した符号ではない。それは、“1”または“0”が連続したデータを複合化するとき、どこからどこまでがビット区間のデータ波形なのかが判断しにくいことによる。

ゼロ復帰コード
（RZ：Return to Zero code）

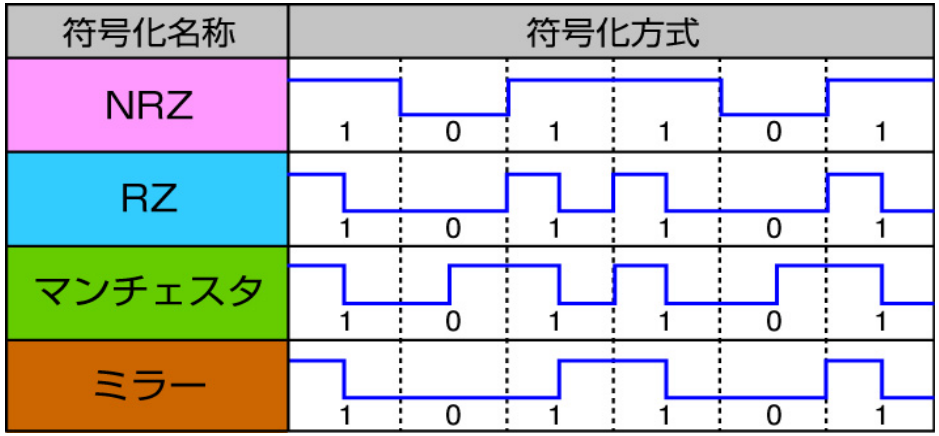
ゼロ復帰コードでは、データ“1”はビット区間の中央まで“H”となり、その後“L”に復帰する。そして、データ“0”は、ビット区間中全て“L”である符号化である。ゼロ復帰コードで“L”の振幅の発生確率が多くなるので、振幅偏移変調（ASK）などで、あえて“L”を振幅の大きいほうに設定すれば、電力伝送が安定するので、振幅偏移変調と組み合わせてこの方式が用いられることがある。

マンチェスタ符号化

RFIDの符号化によく用いられるのが、マンチェスタ符号化である。マンチェスタ符号化では、データ“1”はビット区間に中央で“H”から“L”に変化し、データ“0”は“L”から“H”に変化する符号化である。必ず、あるタイミングで変化するので信号の検出が容易であり、また“H”と“L”の状態が同じ比率で出現する特徴がある。

ミラー符号化

ミラー符号化では、データ“1”は前のビットのレベル（“H”または“L”）を継続して開始し、ビットの中央で“H”と“L”が逆転する符号化である。データ“0”は、前のビットのレベルを継続し、ビットの途中では逆転しない。ただし、データ“0”が連続した場合には、ビットの開始時に逆転する。

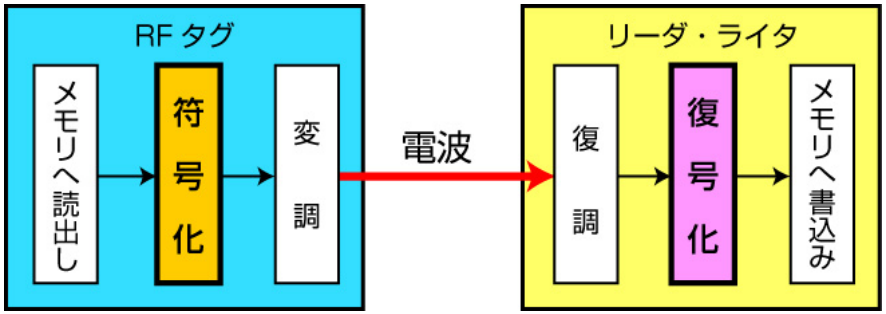


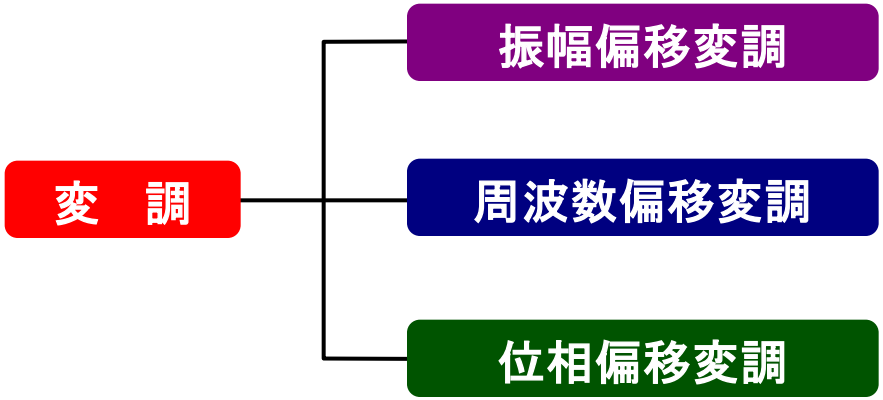
出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

変調と復調

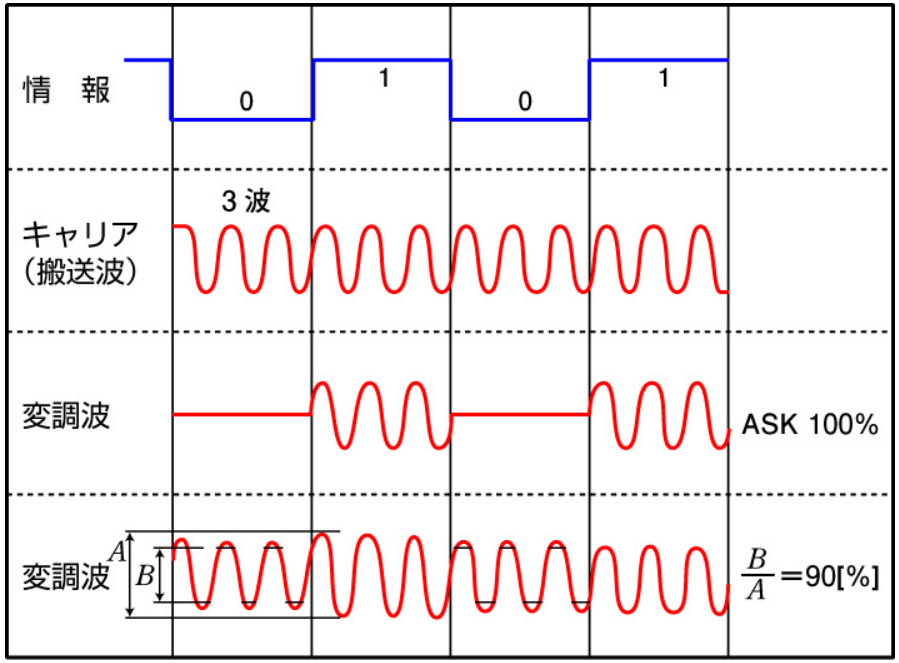
RFタグのリード時の符号化および復号化





振幅偏移変調（ASK：Amplitude Shift Keying）

振幅偏移変調は、RFIDで最も多く使用されている方式である。搬送波の振幅を変化させることにより、データの“1”および“0”を表す方式である。一例として、送信側はデータを変調して送信するとき、100%の振幅をデータ“1”、90%の振幅をデータ“0”として空中に送信する。受信側は、入力した搬送波の振幅の変化率で、データの“1”および“0”を判断（復調）する。振幅の変化率（先の例では90%）は、RFIDの規格によって決められている。一般的に小さな変化率（90%など）より大きな変化率（10%など）のほうが、信号の復調は容易になるが、RFタグへの電力伝送の観点からすると、“0”のときに振幅が小さくなってしまうので不利になってしまう。



出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

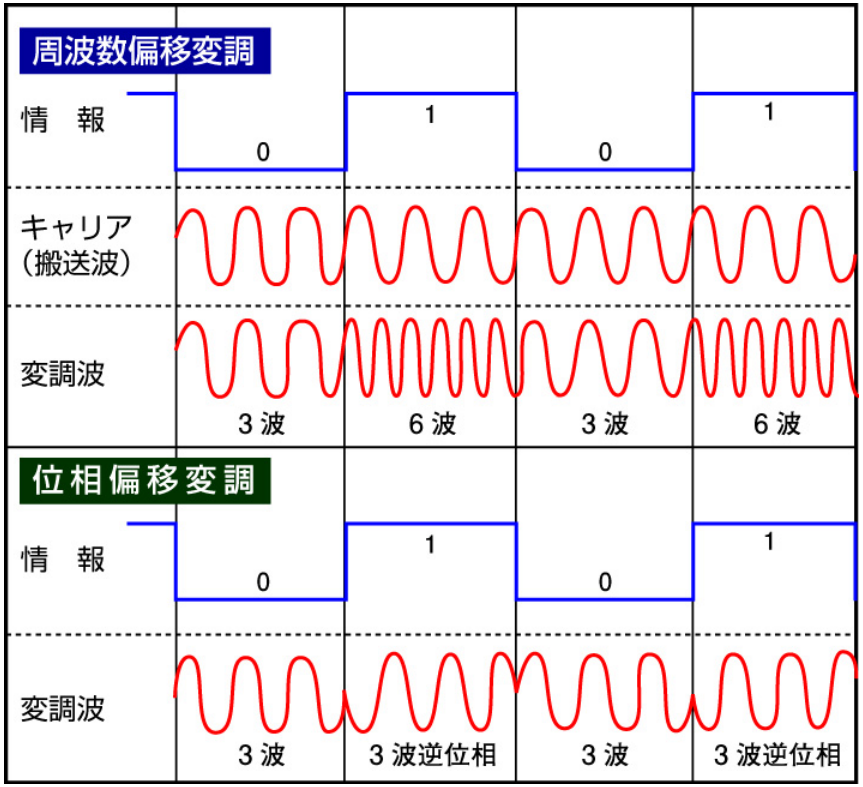
変調と復調

周波数偏移変調（FSK：Frequency Shift Keying）

搬送波の周波数を変化させることにより、データの“1”および“0”を表す方式である。送信側は、データを変調して送信するとき、搬送波＋α [Hz]の周波数をデータ“1”、搬送波－α [Hz]の周波数をデータ“0”として空中に送信する。受信側は、入力した周波数の大小で、データ“1”または“0”を判断（復調）する。

位相偏移変調（PSK：Phase Shift Keying）

搬送波の位相を変化させることにより、データの“1”および“0”を表す方式である。送信側は、データを変調して送信するとき、搬送波の位相を変化させることでデータ“1”、移送を変化させないことでデータ“0”として空中に送信する。受信側は、入力した搬送波の位相の変化で、データの“1”または“0”を判断（復調）する。位相偏移変調の一種に、PJM（Pulse Jitter Modulation）がある。位相偏移変調が位相を大きく変化（90度など）させるのに対して、PJMは小さく変化（数度程度）させる方式である。

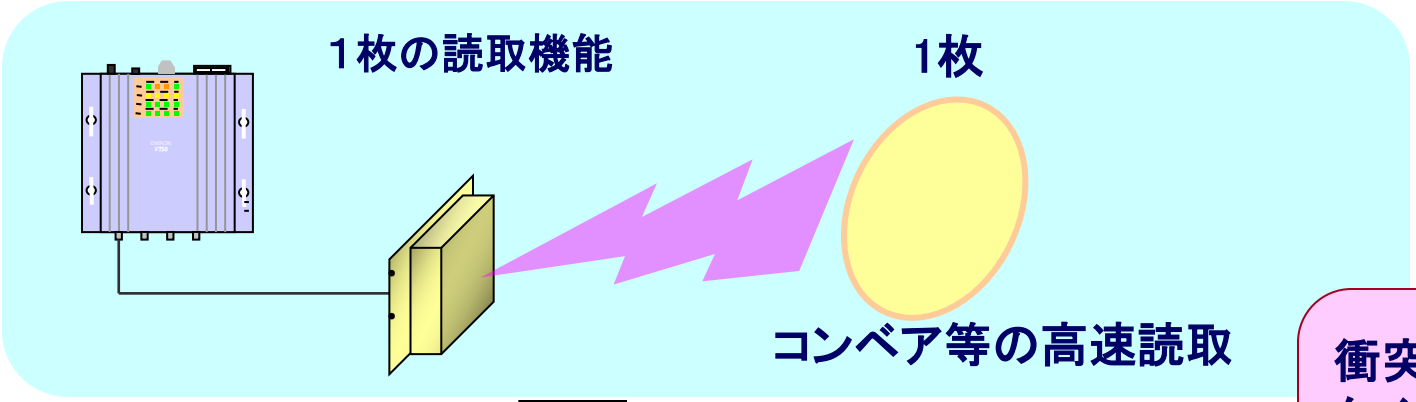


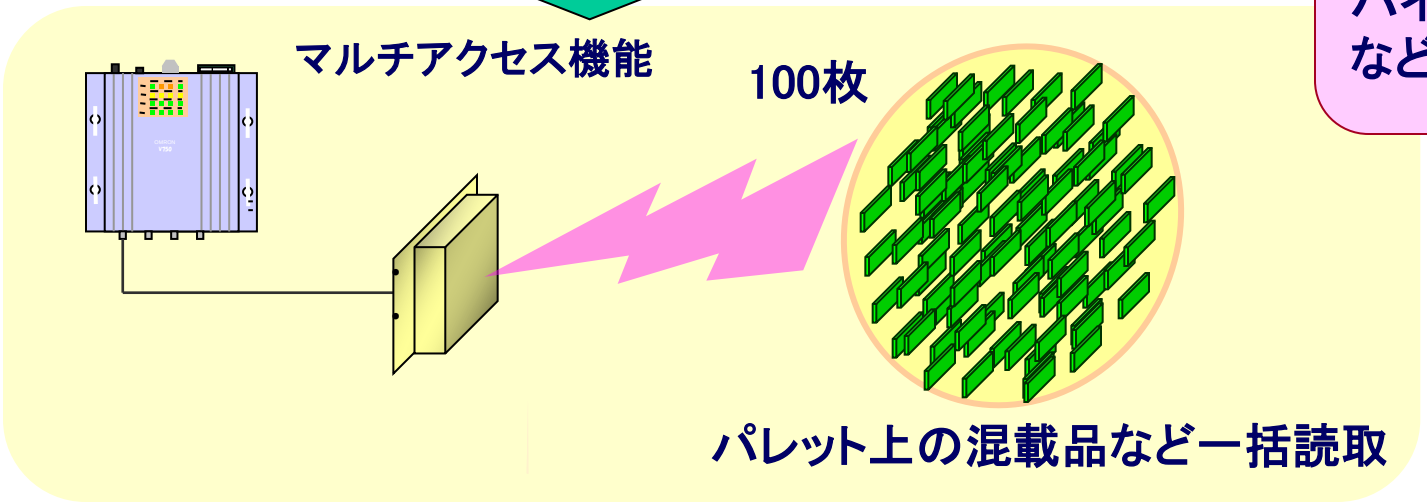
出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

アンチコリジョン

アンチコリジョン機能を付加することで、
複数のRFタグを一括に読み出し／書き込みが可能





衝突防止は
タイムスロット
バイナリーツリー
などがある。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

RFIDの原理　まとめ

RFIDの方式

・電磁誘導方式、電波法式

リーダ・ライタの構成

・制御回路、変調回路、送信回路、受信回路、復調回路

符号化と復号化

・情報源符号化、伝送路符号化

伝送路の符号化

・非ゼロ復帰コード、ゼロ復帰コード、マンチェスタ符号化、ミラー符号化

変調と復調

・振幅偏移変調、周波数偏移変調、位相偏移変調

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

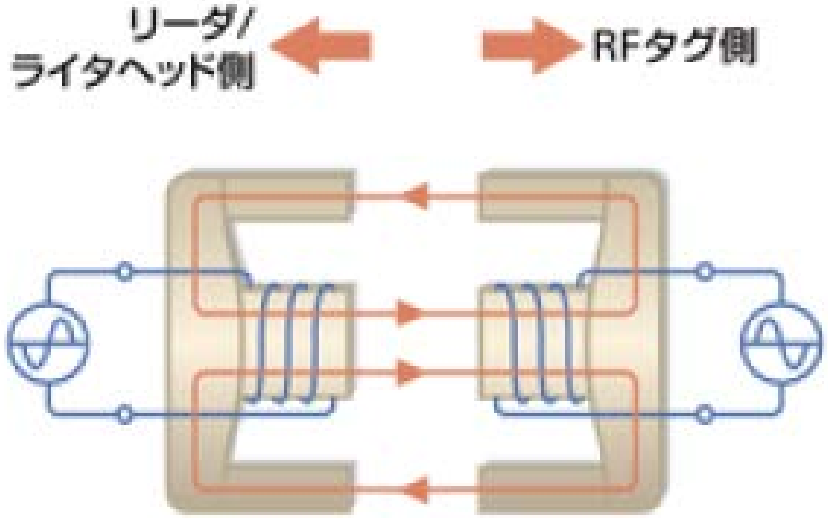
RFIDの方式

（1）電磁結合方式
（400KHz～530KHz）
（2）電磁誘導方式
（125KHz、13.56MHz）
（3）電波方式
（433MHz、952～955MHz、2.45GHz）
（4）周波数別の比較

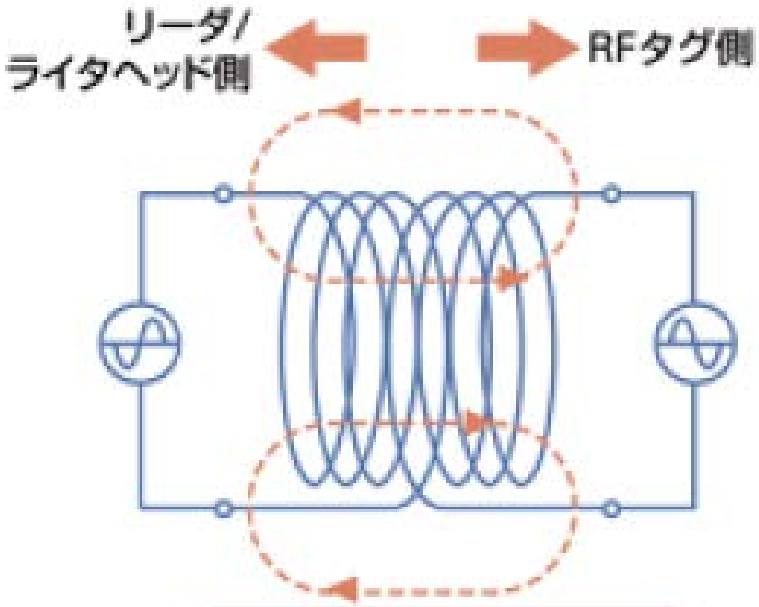
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電磁結合方式

電磁結合方式の原理（搬送周波数:400kHz～530kHz）



(a) コア入りコイル

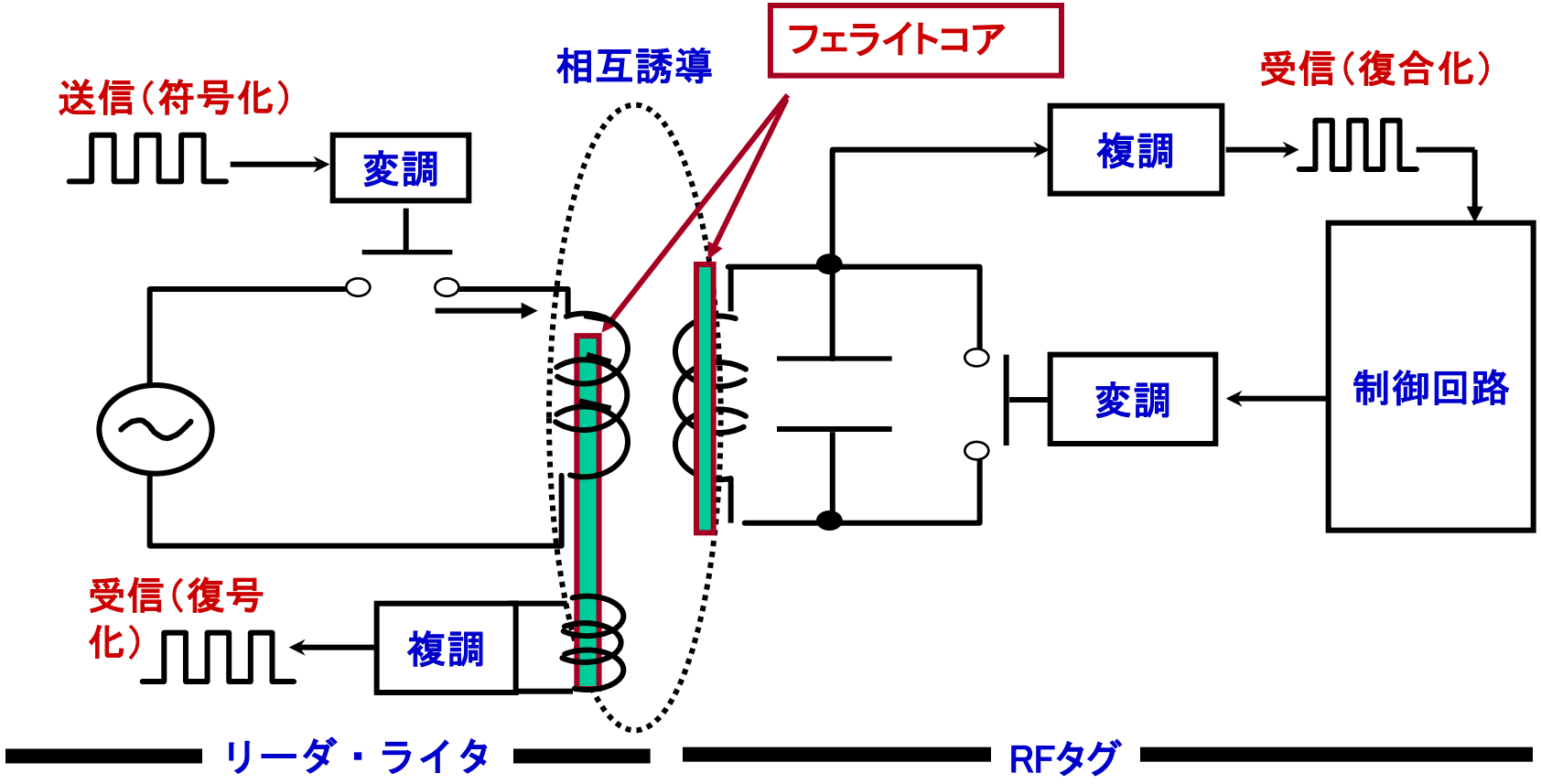


(b) 空心コイル

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電磁結合方式

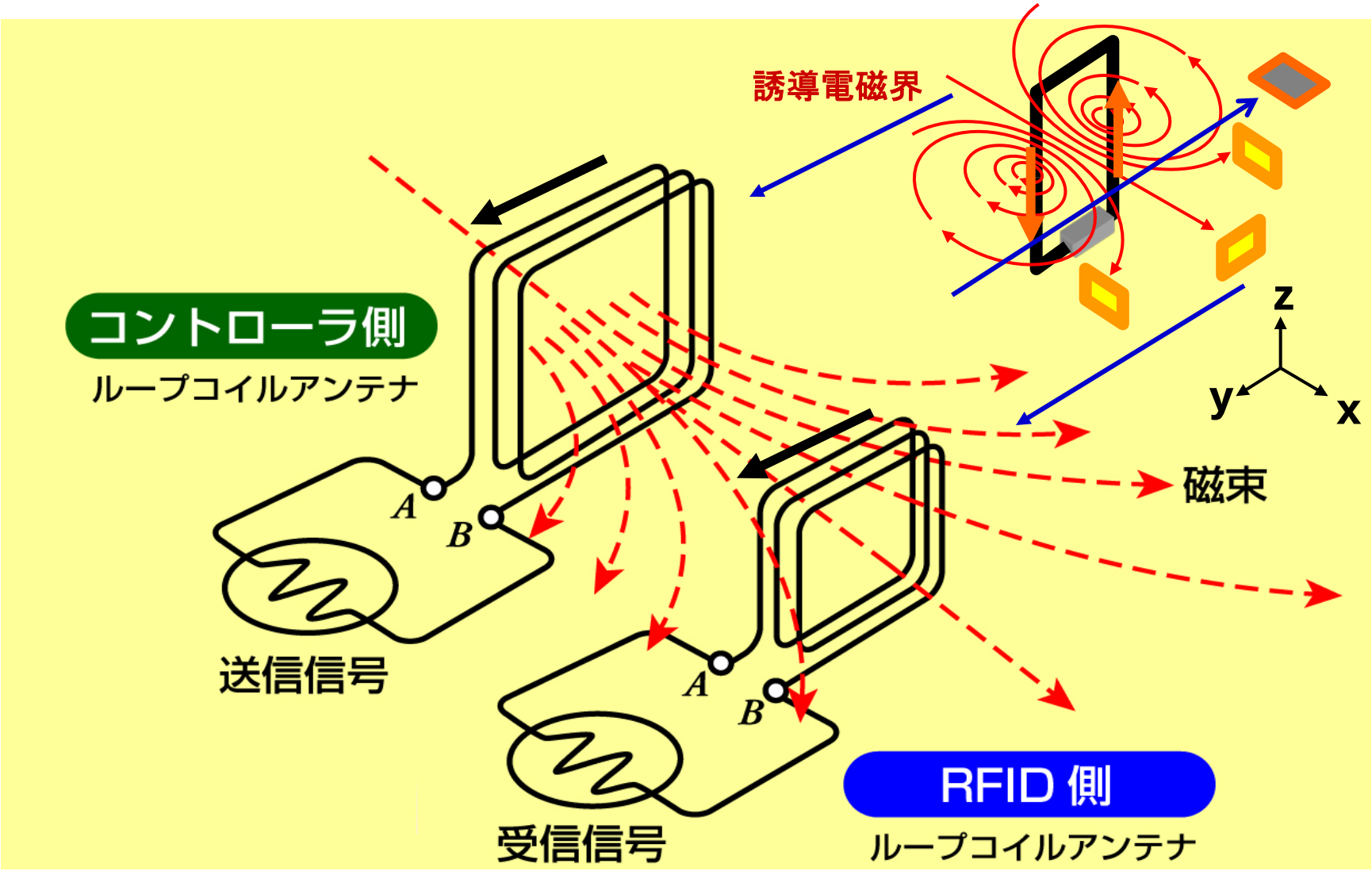
機能ブロック図 （搬送周波数：400kHz～530kHz）



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電磁誘導方式

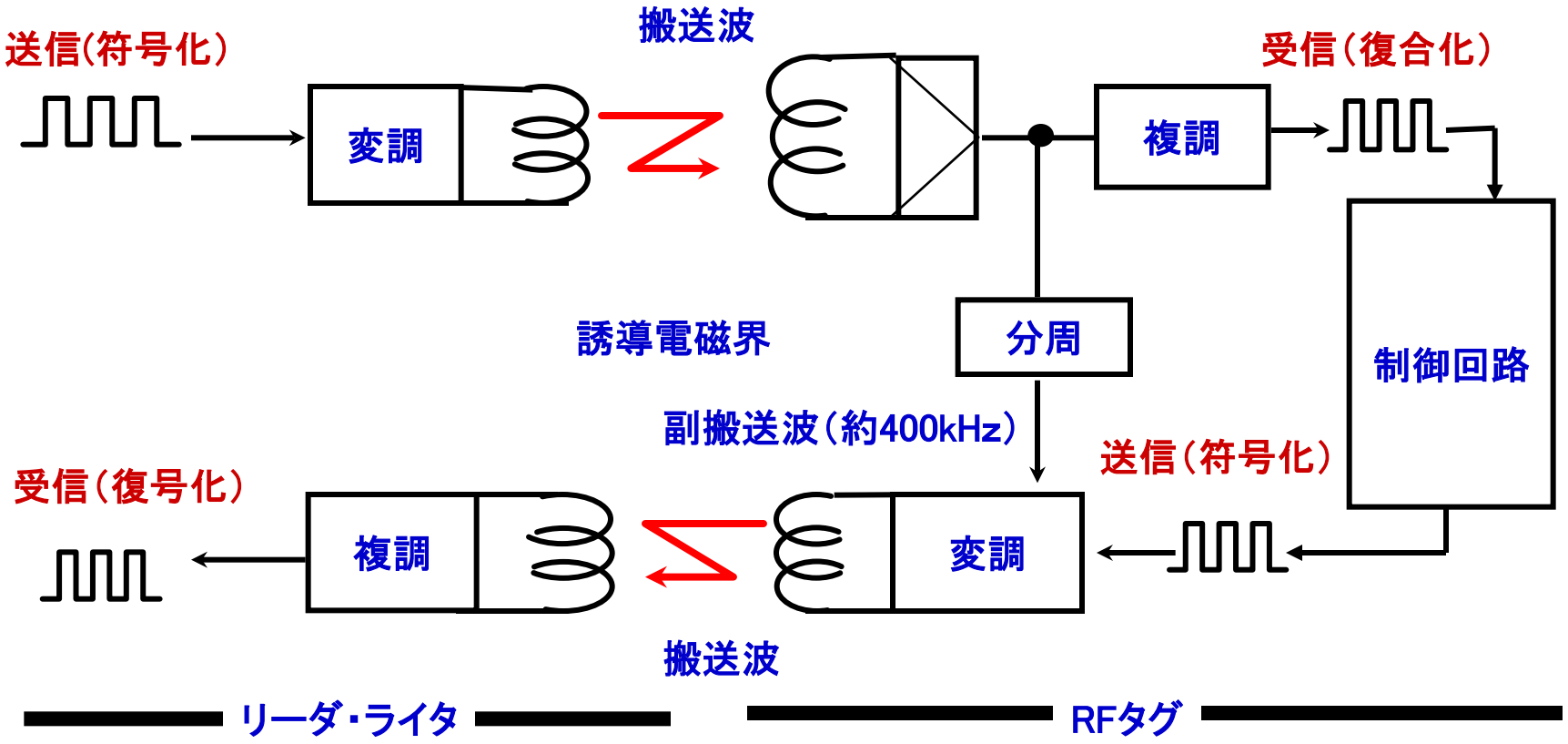
電磁誘導方式の原理 （搬送周波数：LF 125kHz、HF 13.56MHz）



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電磁誘導方式

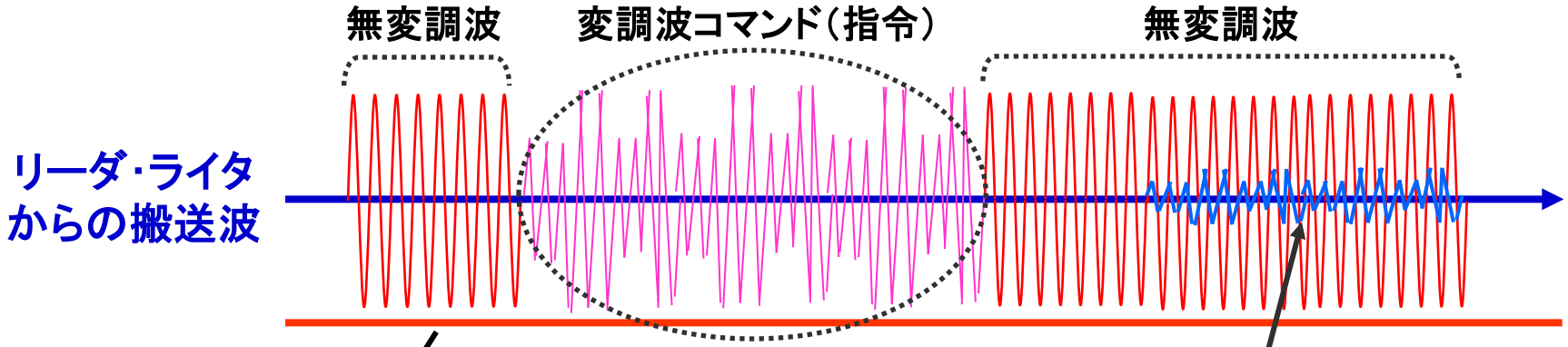
機能ブロック図 （搬送周波数：LF 125kHz、HF 13.56MHz）



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波方式

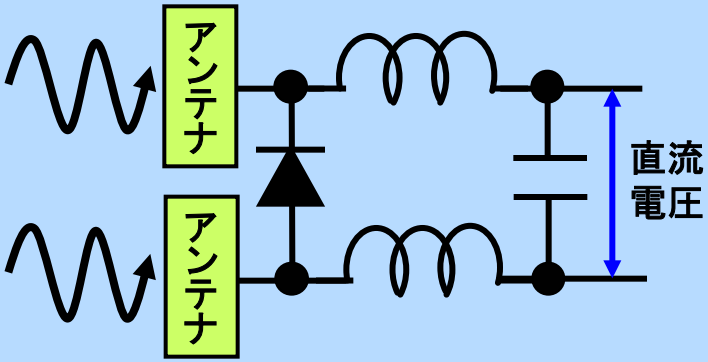
電波方式の原理（搬送周波数：952～955MHz、2.45GHz）

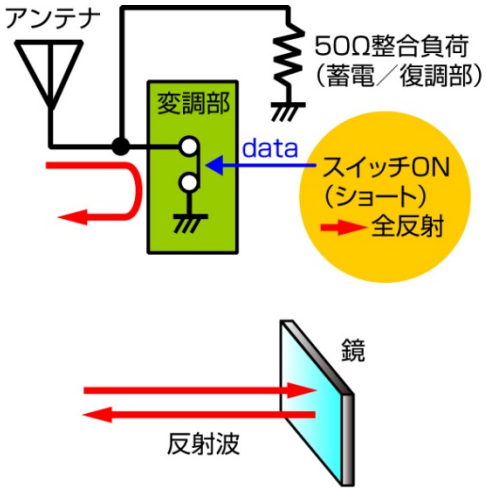


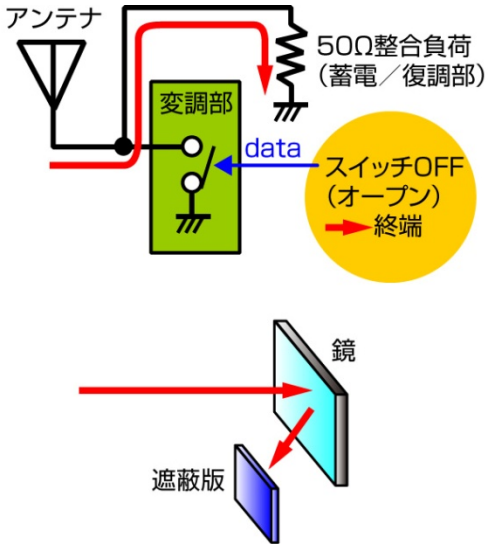
7m離れるとレスポンスは、コマンドの
10^{-10}程度以下の電界強度

RFタグからの
レスポンス（応答）

RFタグ用ICチップの電源部



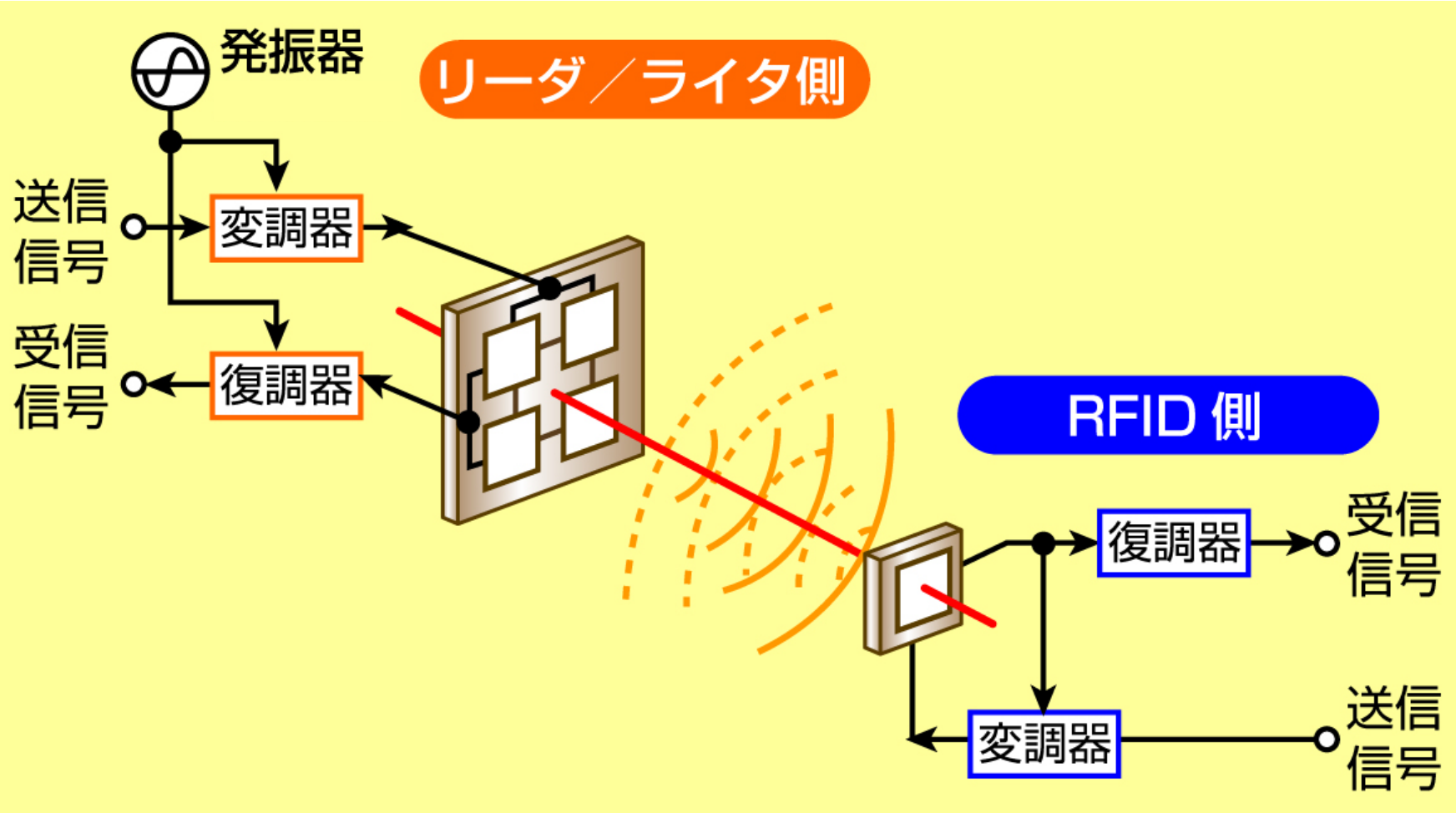




All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波方式

機能ブロック図 （搬送周波数：952～955MHz、2.45GHz）



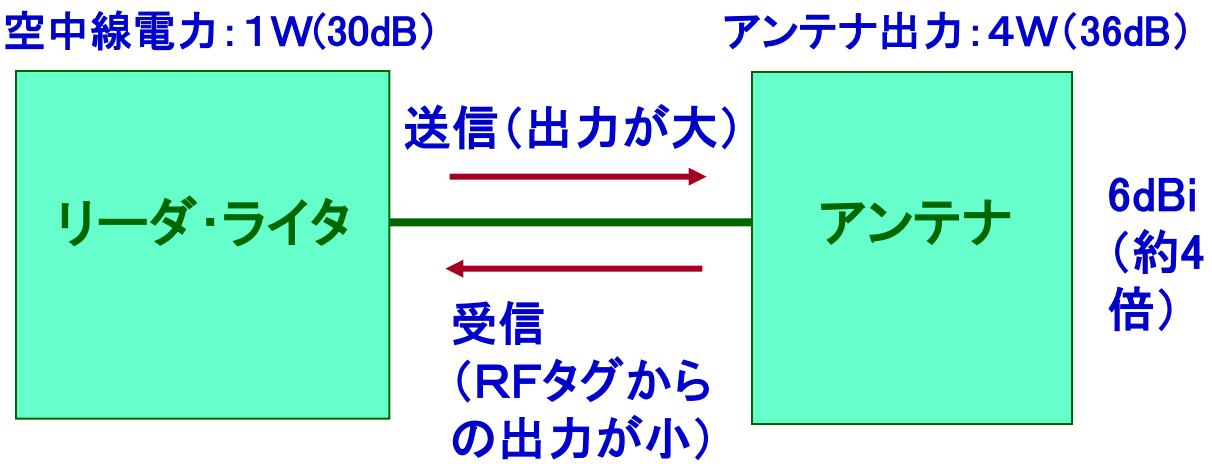
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波方式

アンテナの役目

・送信アンテナ：
　リーダ・ライタから送出された高周波エネルギーを電波として空間に放射する。
・受信アンテナ：
　RFタグから送出された電波を高周波エネルギーに変換してリーダ・ライタへ送る。

50Ω負荷で1mWを0dBとする。
30dB＝10^3mW＝1W
デシベル（電力比）は基準となる電力に比べて相対的に何倍大きいか小さいかを表す



・アンテナの利得：
エネルギー総量は変わりはないが、電波を放射するときに、特定の方向に集中させることで、基準アンテナに比べて、強くなった度合い。（基準アンテナ：等方向性アンテナ）

送信アンテナと受信アンテナの関係は、スピーカとマイクの関係と同じ

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

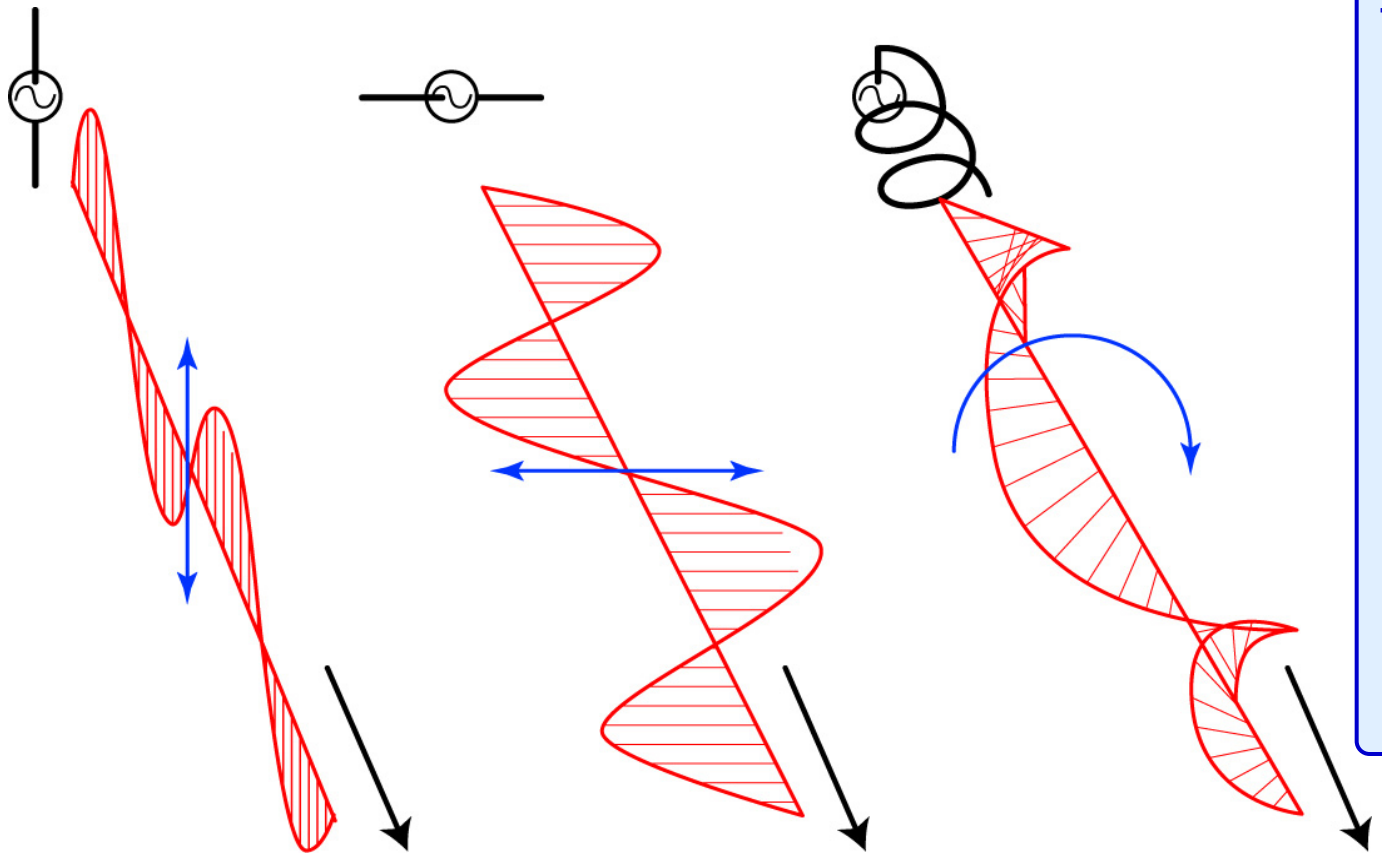
電波方式

アンテナの偏波方式

直線偏波
（垂直偏波）

直線偏波
（水平偏波）

円偏波



偏波方式の特徴

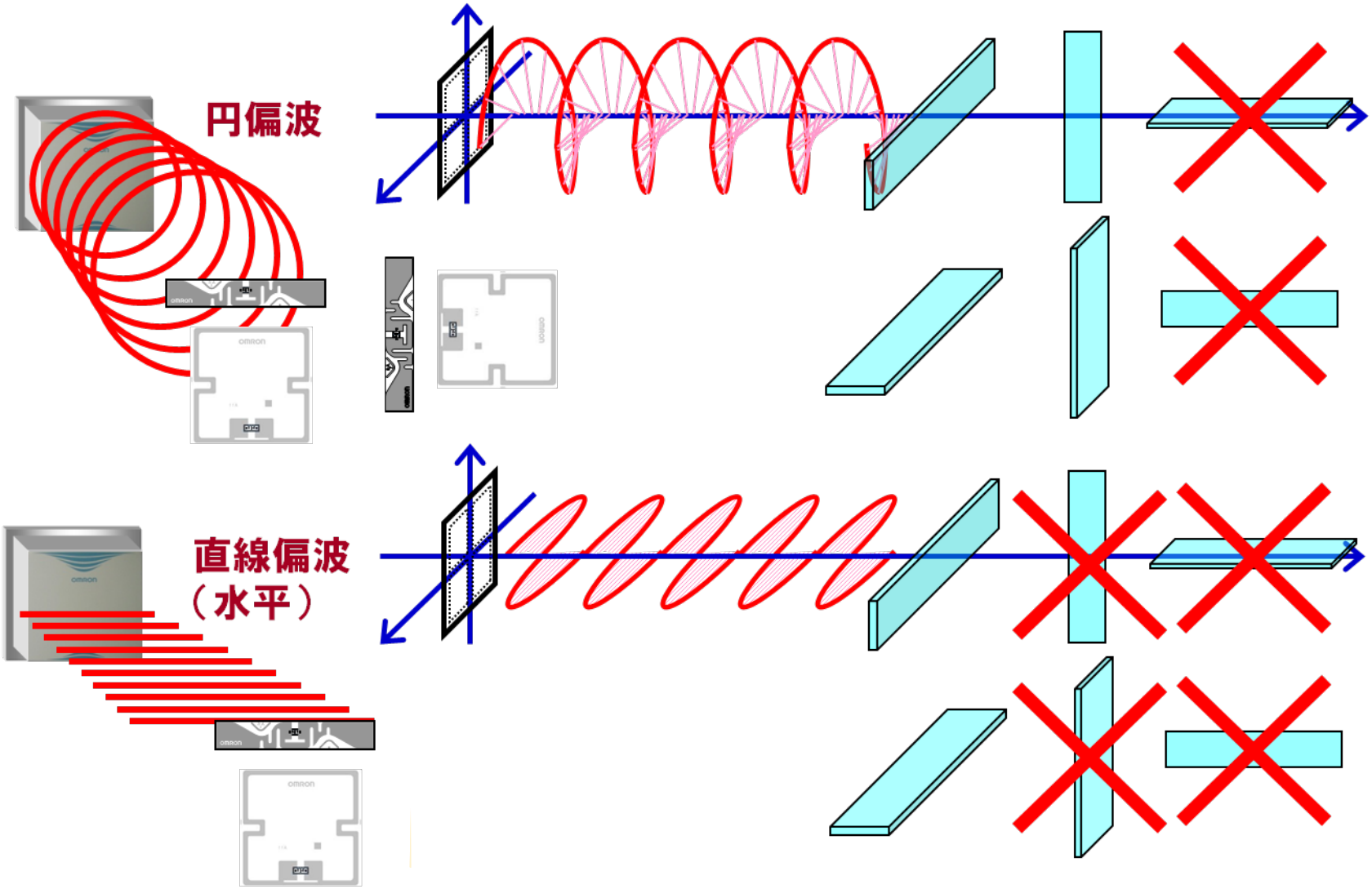
直線偏波：
- 交信距離が長く取れる
- RFタグの取り付け方が限定される

円偏波：
- 交信距離が直線偏波より短くなる
- RFタグの取り付け方の影響を受けない

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波方式

RFタグの指向性



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

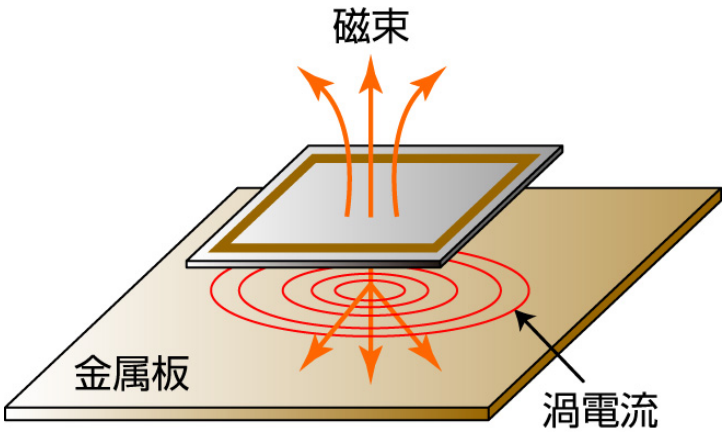
HF帯の特徴

(1)近接金属の影響
(2)アンテナの背面金属による影響
(3)タグ基材の影響
(4)タグの傾きによる影響
(5)タグの重なりによる影響

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

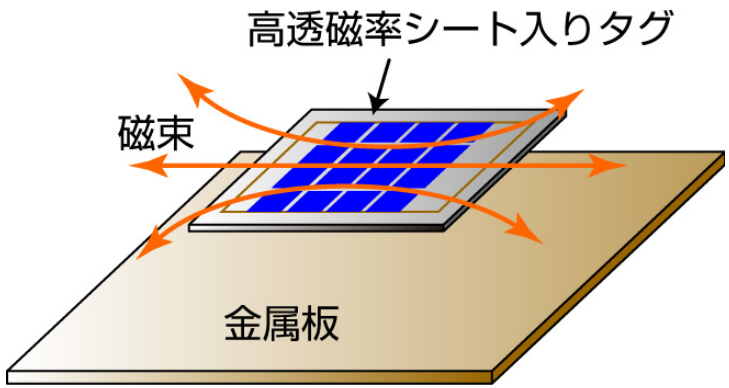
近接金属の影響

理由

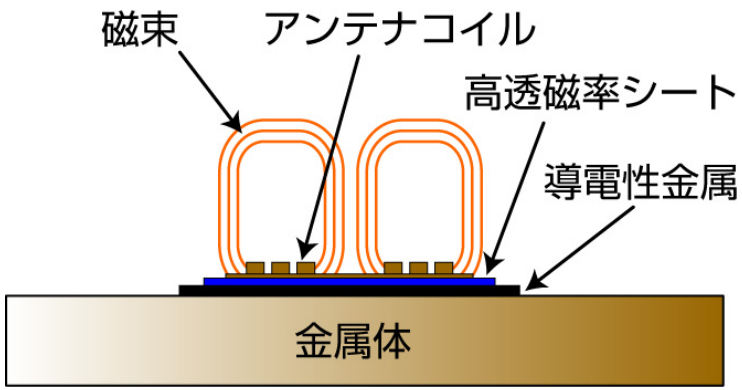


金属板表面の渦電流の影響を受け
磁束が十分形成されない。

対策



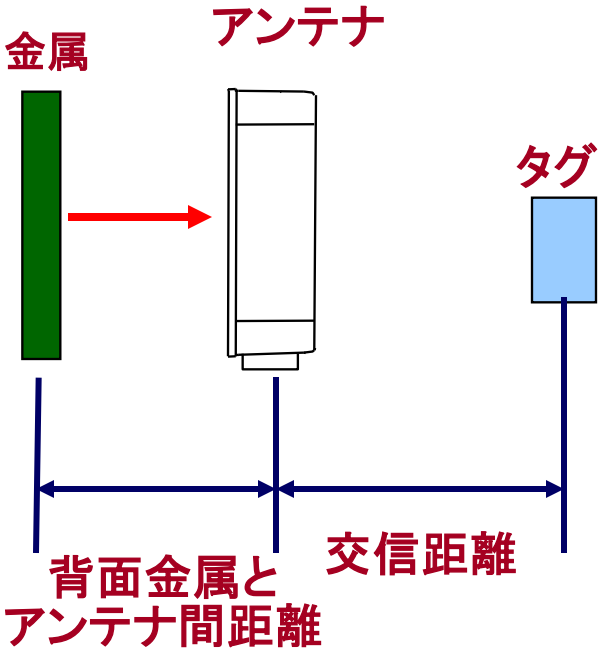
コイルに鎖交する磁束が近接する金属面と
平行に入ることで、磁束が金属板表面の
渦電流の影響を受けにくい。

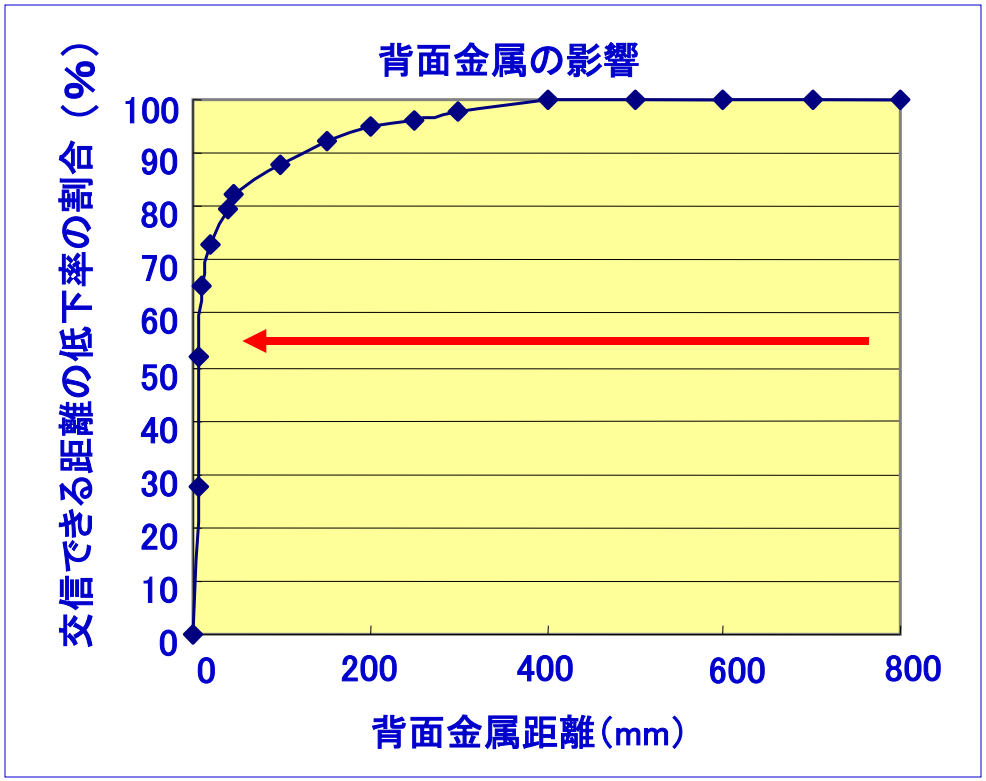


コアに磁束を集中し、金属体上での起電力を
確保する。あらゆる金属体に対応できる。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

アンテナの背面金属による影響





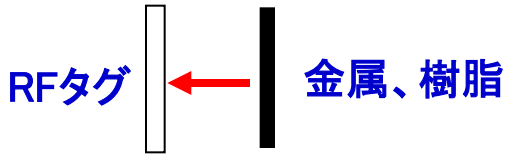
背面金属とアンテナ間距離が400mm以上あれば交信距離への影響がない

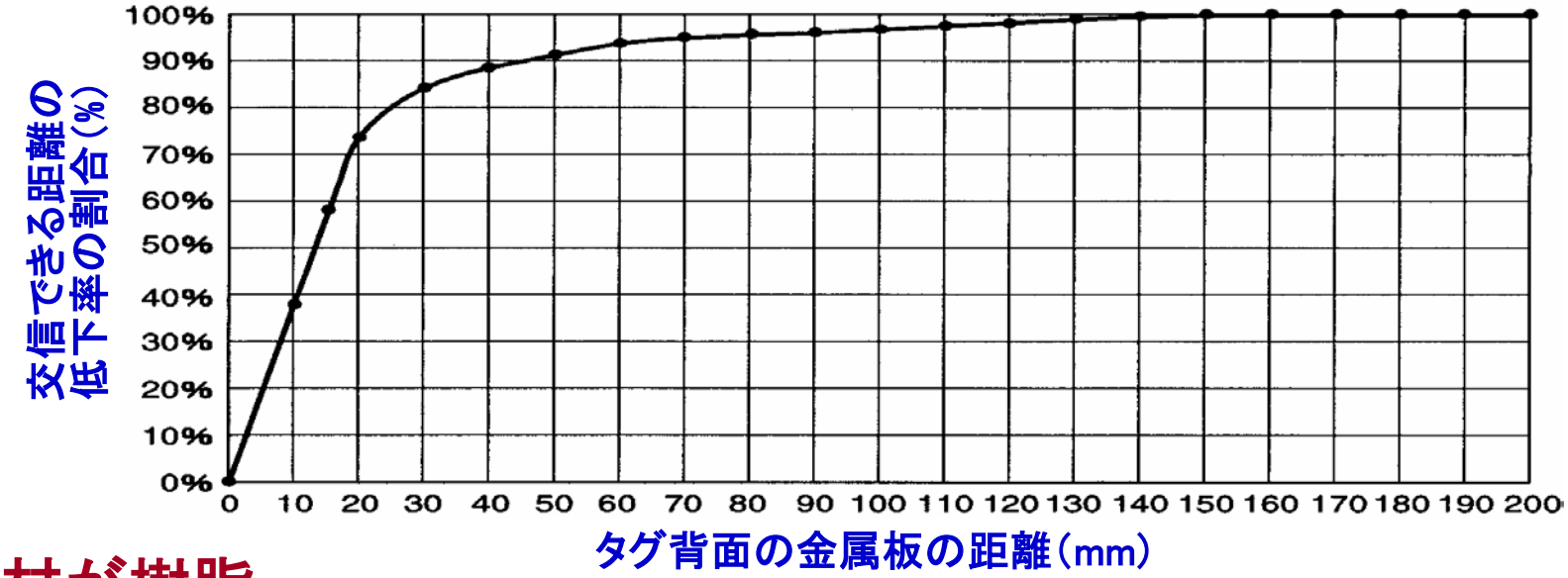
出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

タグ基材の影響

基材が金属





基材が樹脂

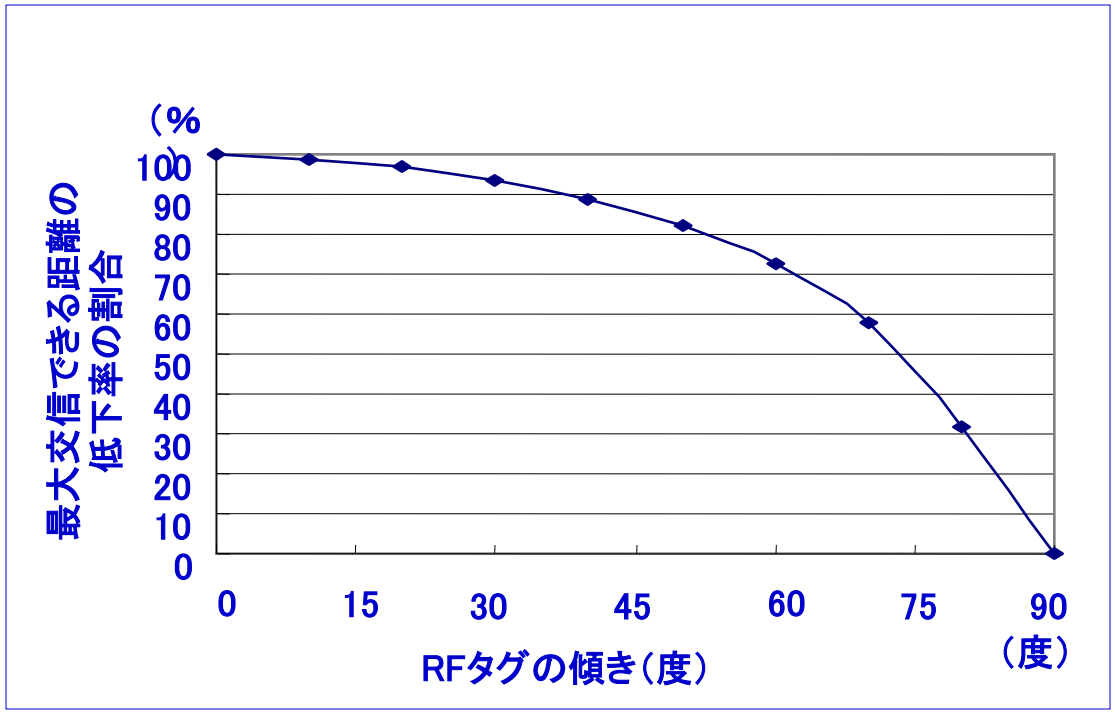
材質	寸法(mm)	交信距離
ベークライト	100×100×5	70%
アクリル	100×100×2	80%
ポリエチレン	100×100×2	88%

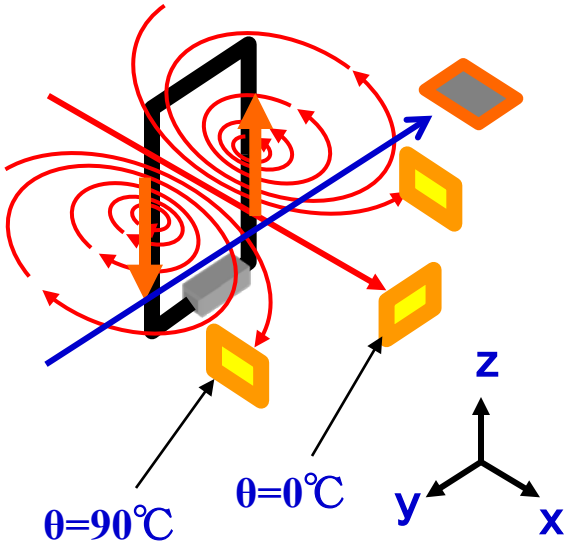
交信距離は基材がない場合との比較。基材がない場合を100%とする。

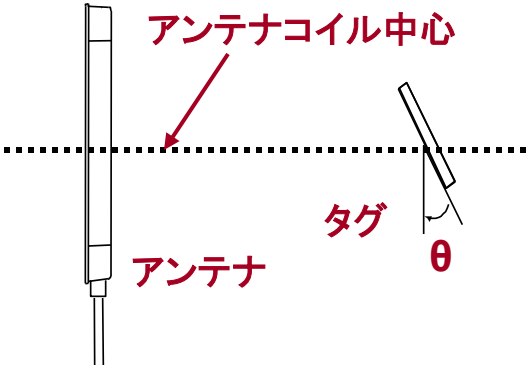
出典:よくわかるRFID(オーム社)

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

タグの傾きによる影響





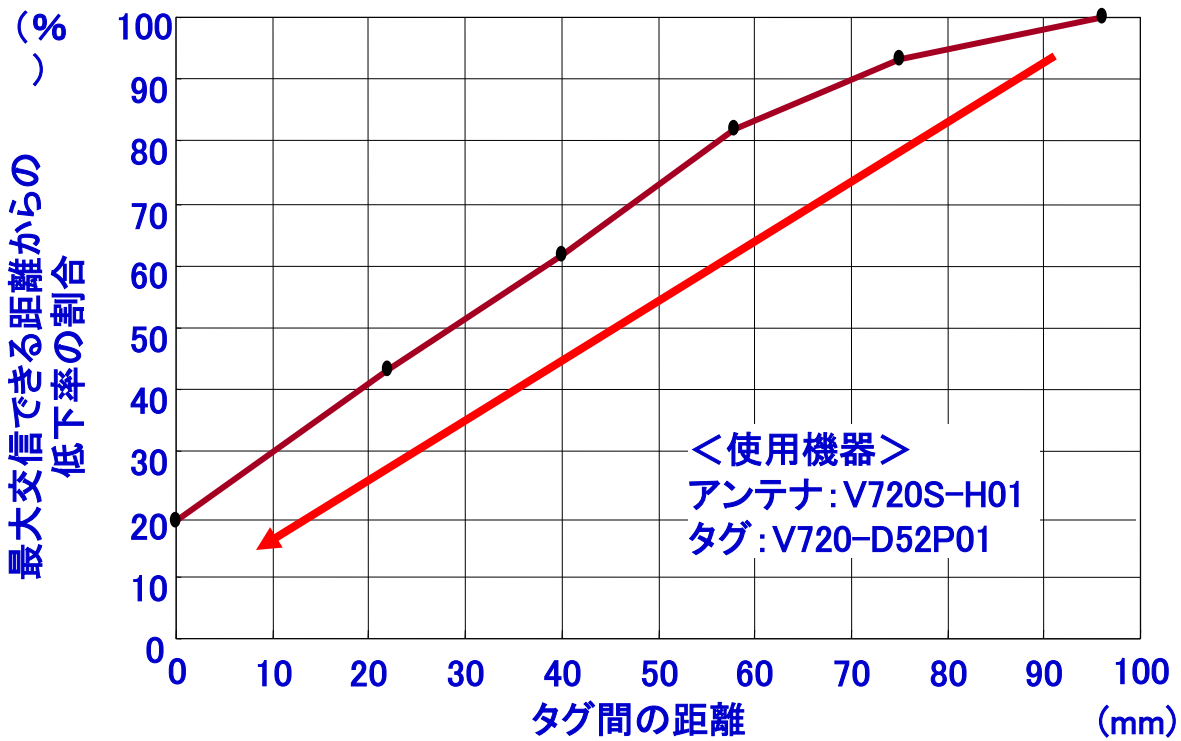


出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

タグの重なりによる影響

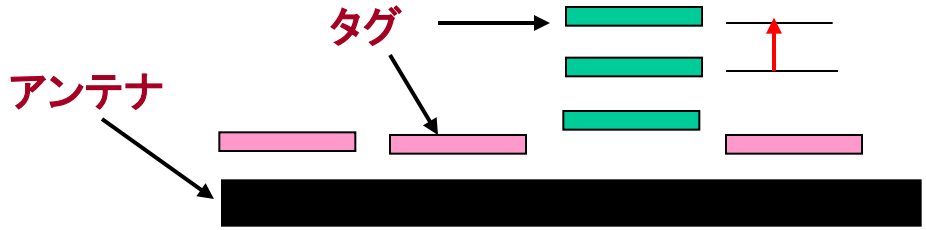
2枚のRFタグの重なり



複数枚のRFタグの重なり

タグ間隔（mm）	交信距離（mm）	読取り可能枚数（枚）
5	0	3～5
	10	3
	90	2
8	0	3～4
	10	3
	95	2
10	0	5
	90	4

タグ重なりによる
交信距離の減衰



出典：よくわかるRFID（オーム社）

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

UHF帯の特徴

（1）市場認識
（2）電波の反射
（3）電波の反射の影響
（4）電波の合成
（5）電波の合成の影響
（6）フィールドホール
（7）マルチパス現象

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

市場認識

HFは交信距離が0～0.7m

↓

UHFは交信距離が0～5m

↓

交信距離が長い方がいいに決まっている

↓

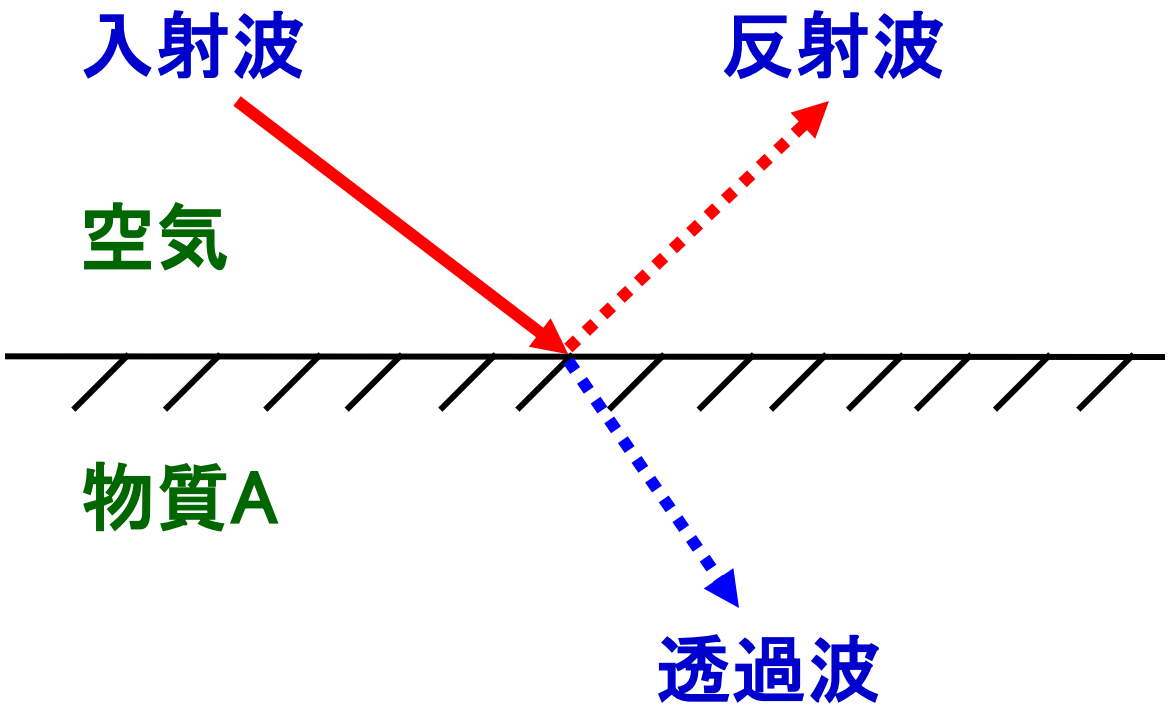
UHFはいい！

↓

しかし、UHF帯・電波方式の特性を理解して使わないと、電磁誘導方式にはない問題が発生する可能性がある。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

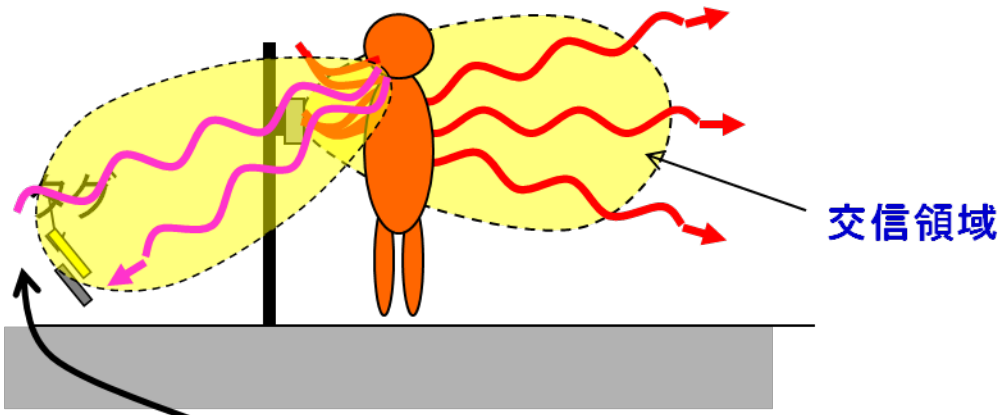
電波の反射



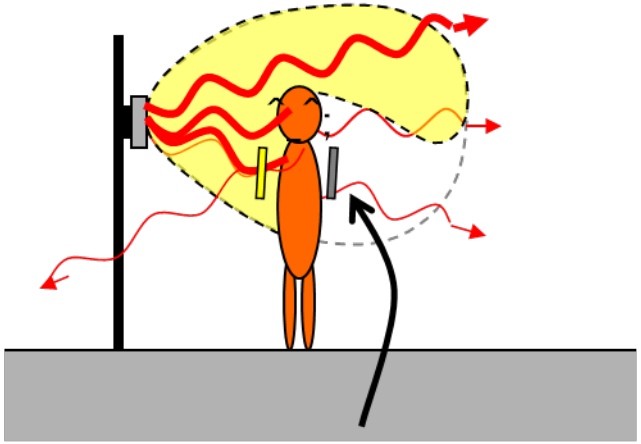
物質の特性、入射角等により透過波と反射波の割合及び角度が変わる。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

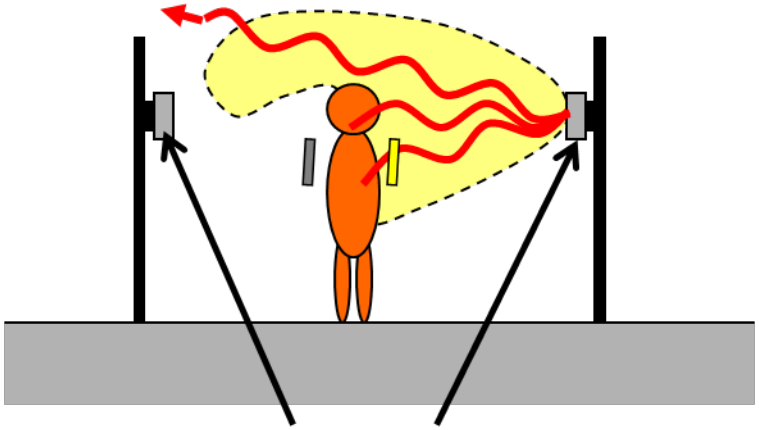
反射の影響（入退室ゲート）



アンテナの前を通る人や物に電波が反射して、
普段読まない場所にあるタグを読んでしまう



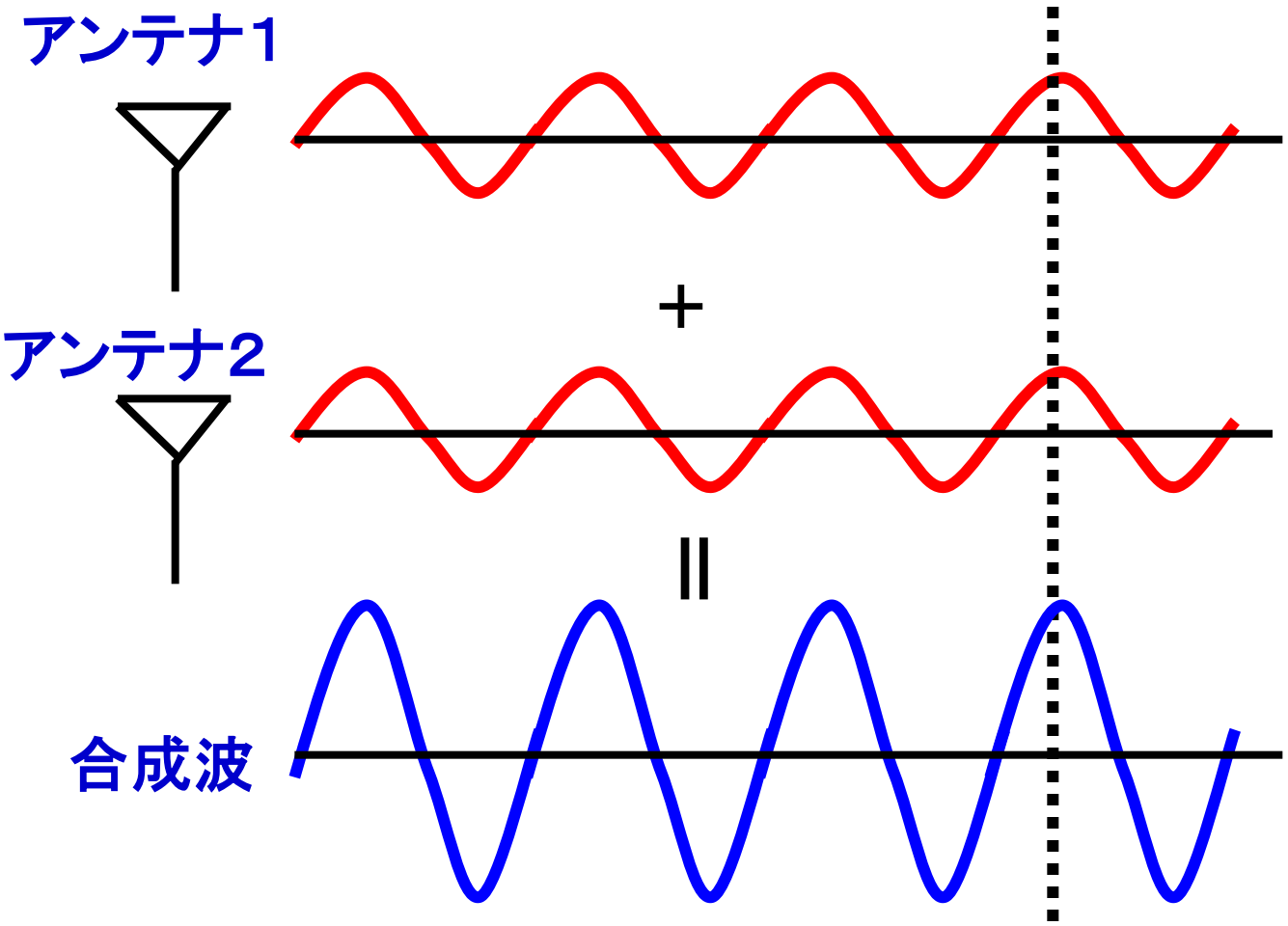
人や厚い物体の陰になるRFタグは、
電波が反射・減衰（吸収）して届きにくい
ので交信が容易でない



２台のアンテナが相互干渉する。
２台をを切り換えて使う

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波の合成



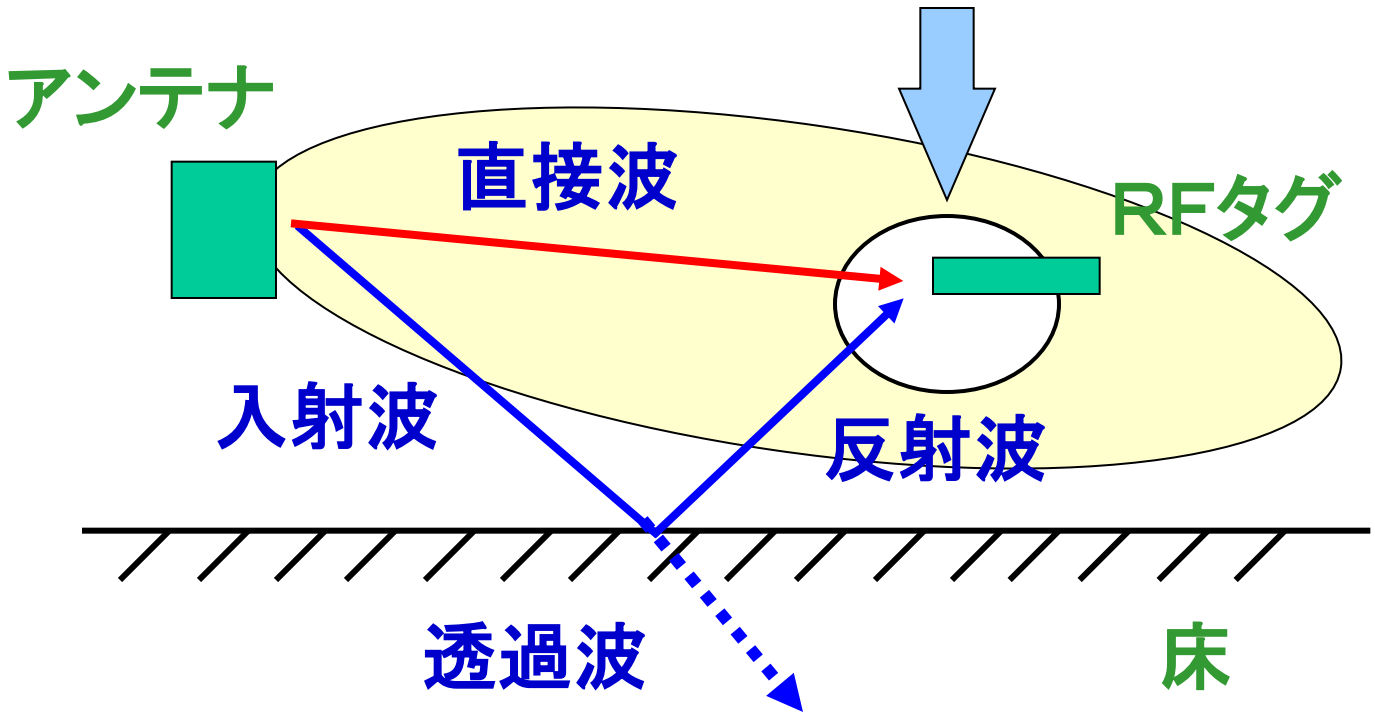
位相が同一であると、強めあい、
位相が反転すると、弱めあう。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

電波の合成の影響

あるポイントにおいて、直接波と反射波の合成により電波の強さ電界強度(＝電界強度)が強めあったり、弱めあったりする。⇒マルチパス現象

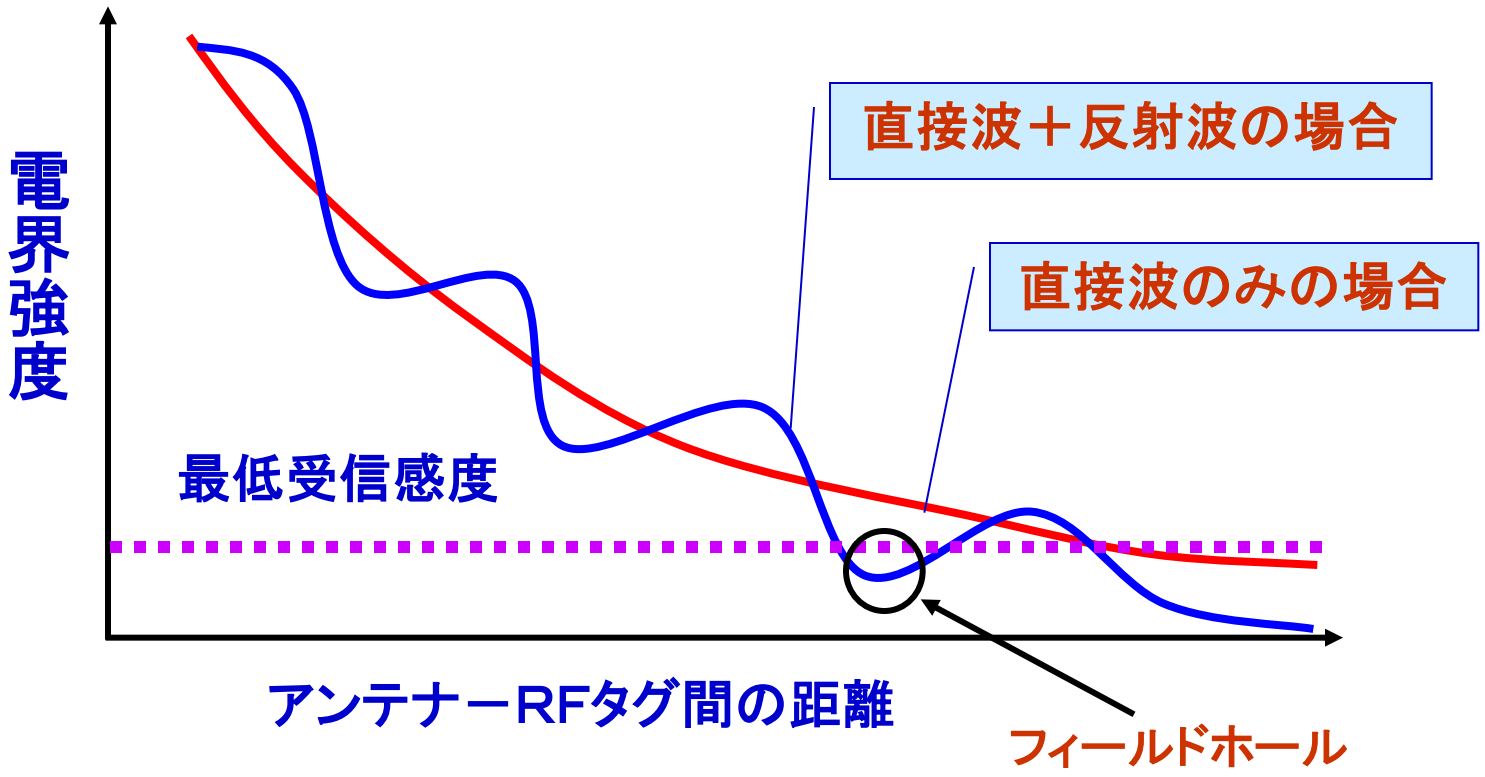
弱めあってRFタグが読めない範囲をフィールドホールという。



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

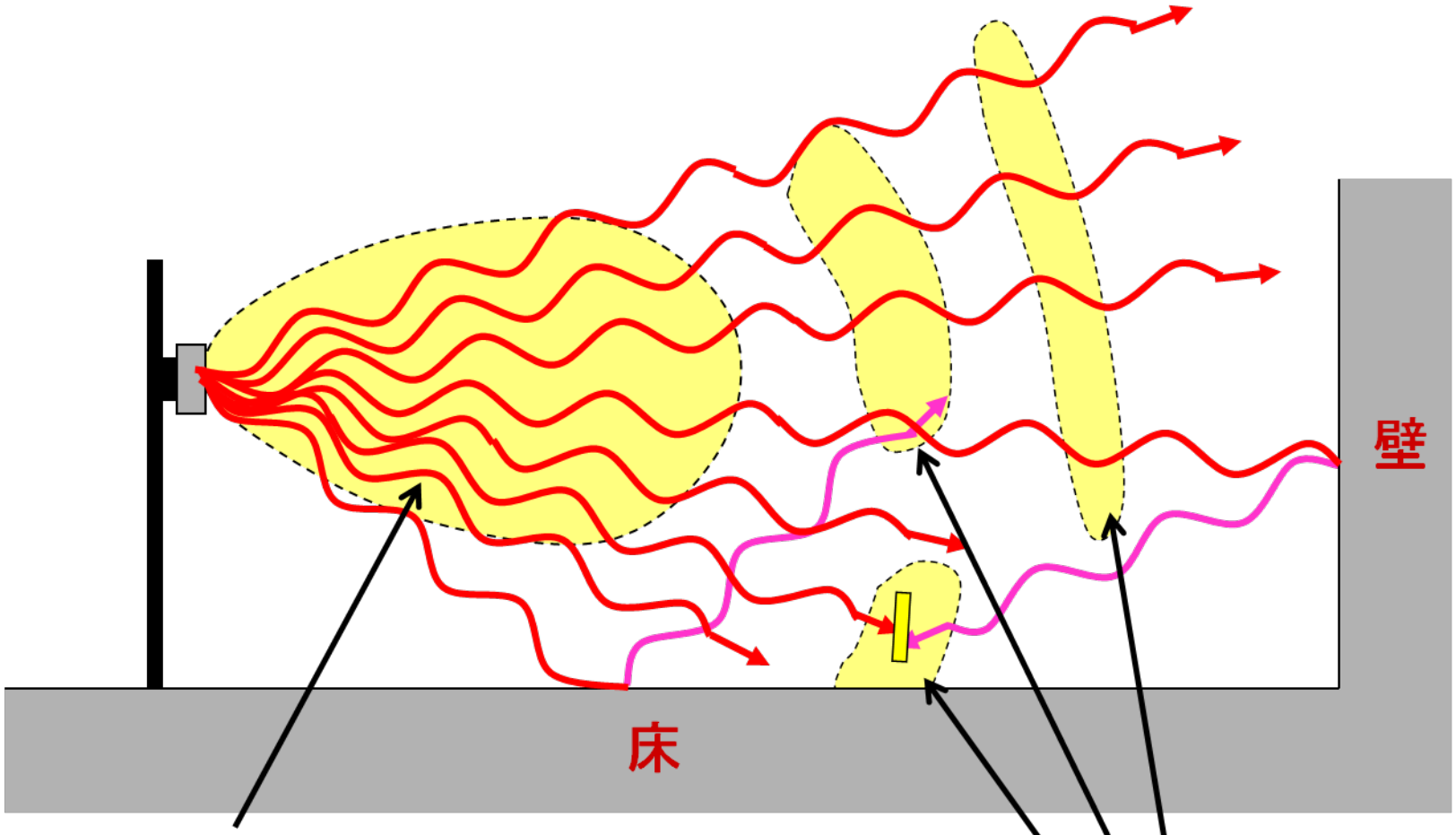
フィールドホール

フィールドホールは反射がある環境では必ず発生する。



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

マルチパス現象

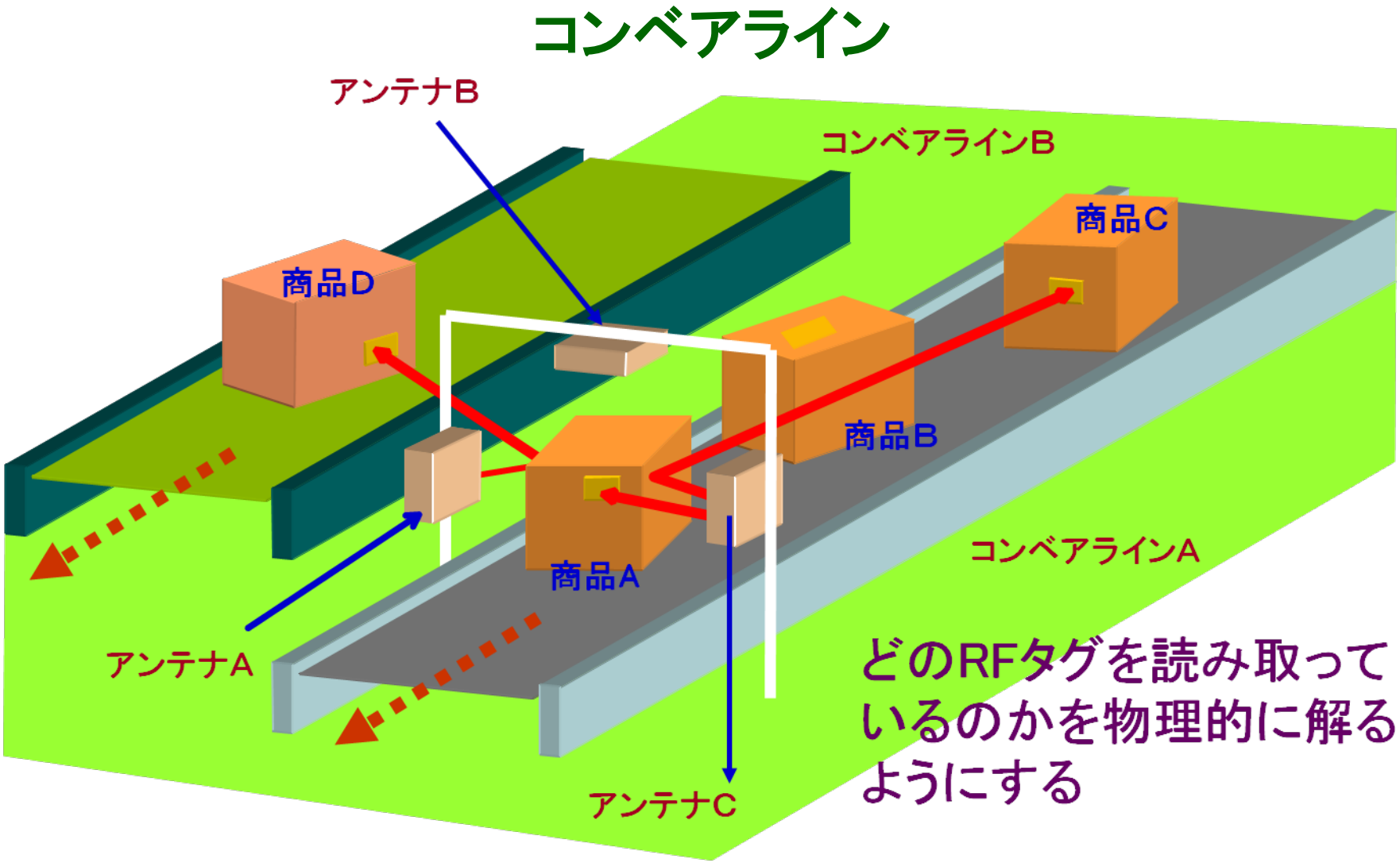


直接波だけで交信する領域。
アンテナの近くでは直接波が強いので
反射波の影響は受けない。

直接波と反射波の位相が一致して
強め合い、交信できる領域が発生する。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

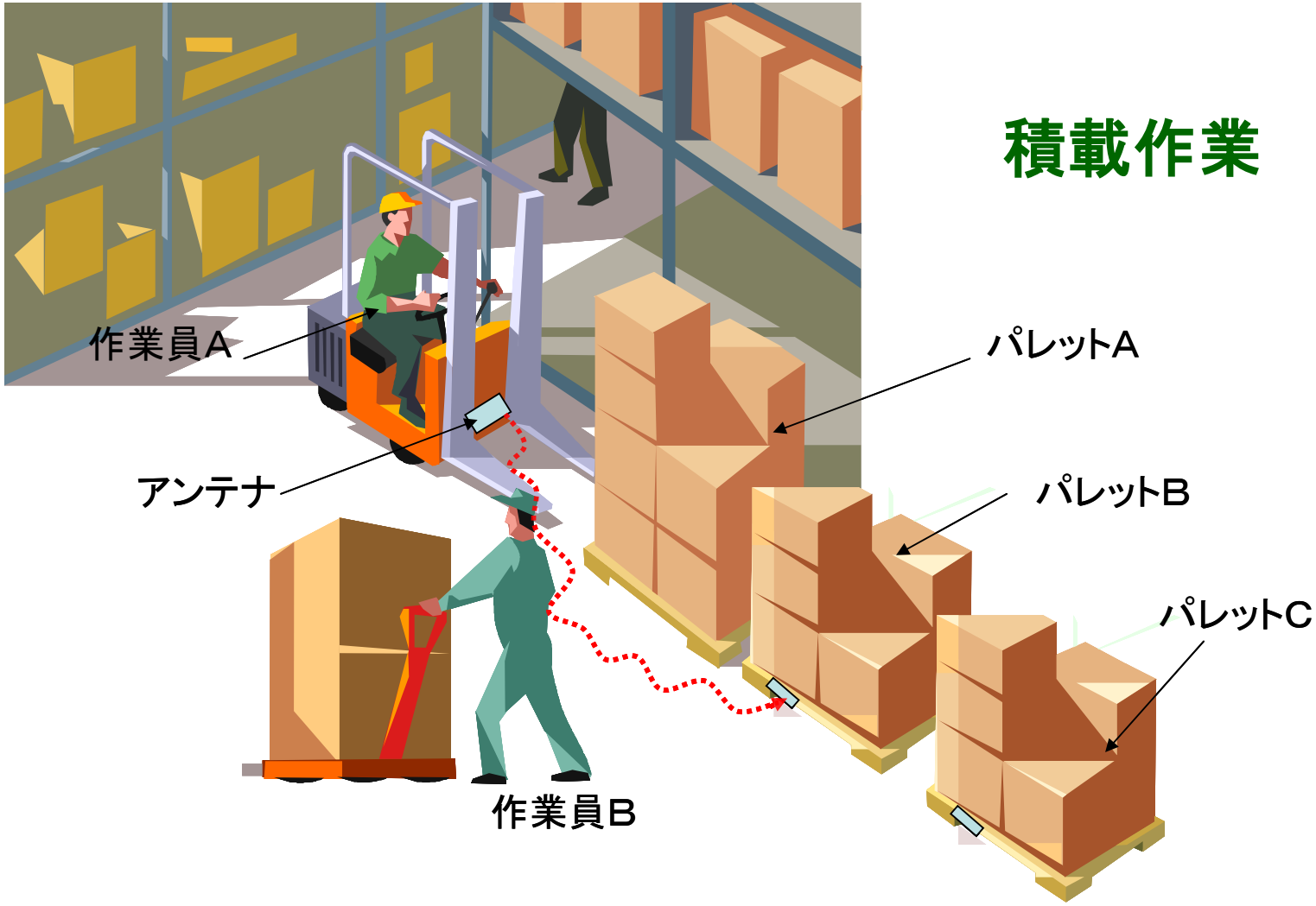
運用上の注意点　コンベアライン



どのRFタグを読み取っているのかを物理的に解るようにする

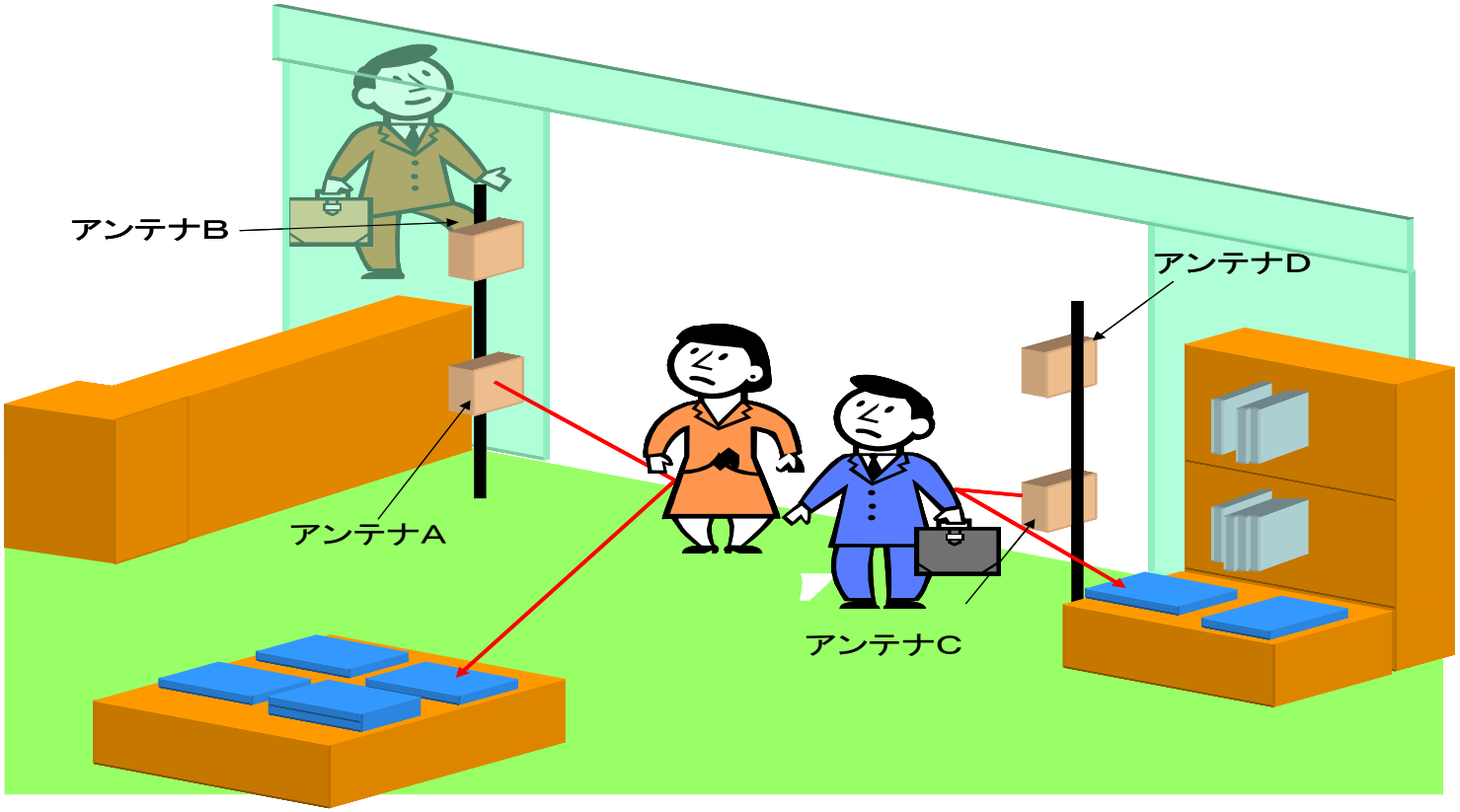
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

運用上の注意点　積載作業



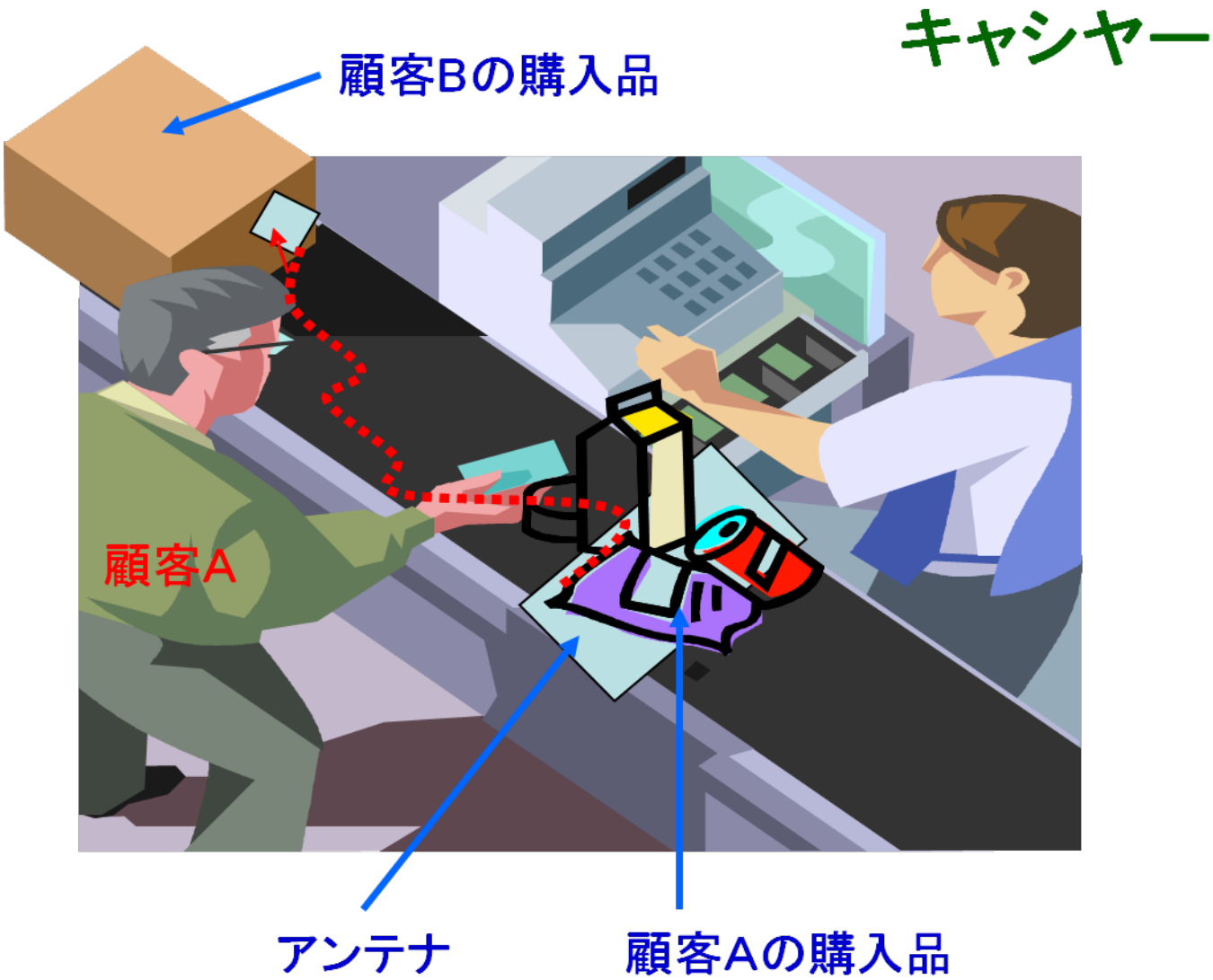
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

運用上の注意点　盗難防止ゲート



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

運用上の注意点　キャシヤー

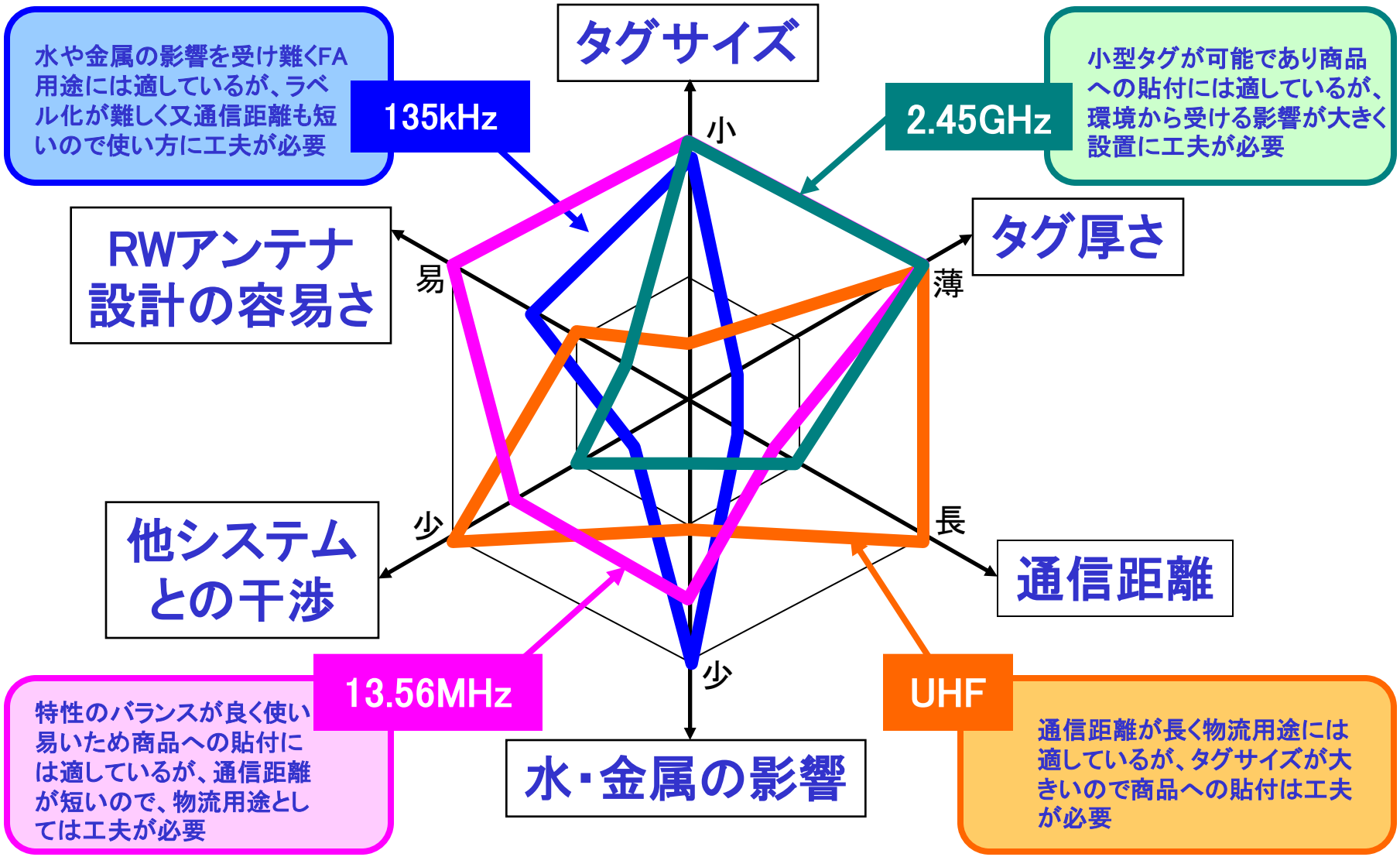


All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata　2008-10-29

周波数別の特徴比較

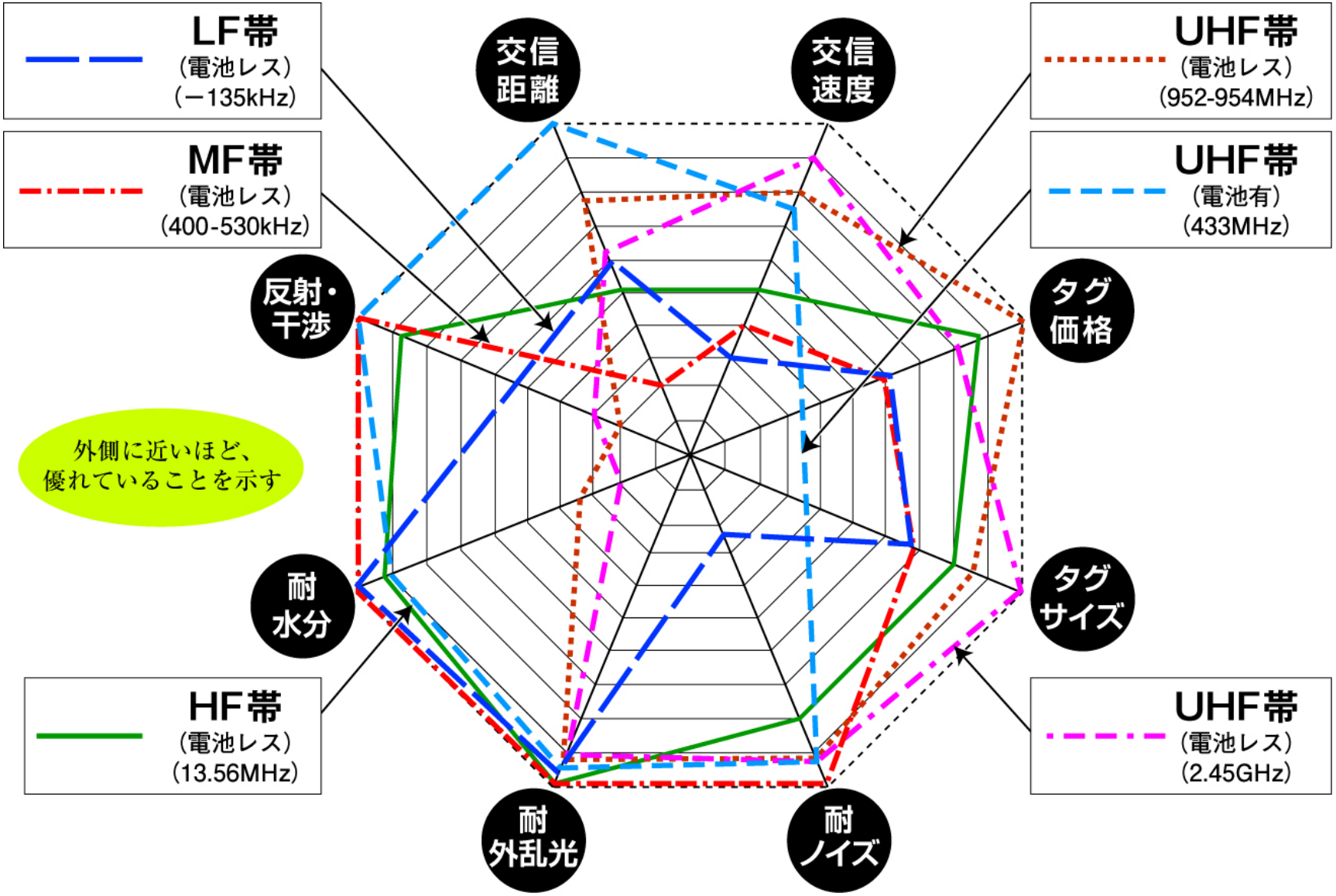
All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

周波数別の比較



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

周波数別の比較



All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29

ご清聴、ありがとうございました。

All Rights Reserved, Copyright (C) Akira Shibata 2008-10-29