

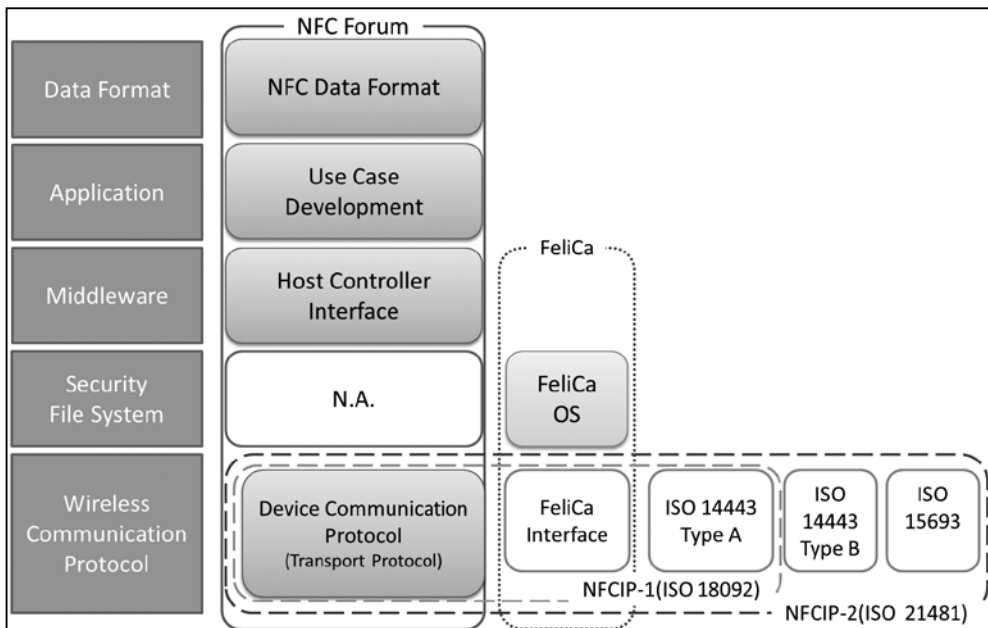
前半：NFC 概論

NFC とは何でしょうか。NFC は Near Field Communication の略でこれを日本語にすると、近距離無線通信と訳せます。身近なところでは Suica、PASMO などの交通乗車券や Edy、nanaco などの電子マネーに使われているいわゆる FeliCa や、TASPO や IC カード免許証など（これらは FeliCa ではありませんが……）で使われている通信技術が NFC であると言えます。ひとまずは「ピッとかがざして何かできるもの」が NFC と認識されて間違いありません。

NFC と聞いて FeliCa や Type A (= ISO/IEC 14443 Type A : TASPO で使われている規格。通称 MIFARE)、Type B (= ISO/IEC 14443 Type B : IC カード免許証で使われている) の用語を思い浮かべる方もあるかもしれません。

これらは非接触 IC カードの規格であり、厳密に言えば NFC とはフォーカスをあてている部分が違うようです（被っている部分もあります）。このあたりは関連技術の歴史を学べば容易に理解できるのですが、まずは誤解しないように注意が必要です（かくいう私自身もつい最近まで勘違いしておりました）。

ただし、広義の NFC としてはこれら関連技術まで含んでいることが多く、実際に、国際標準の NFC (ISO/IEC 18092、ISO/IEC 21481) を推進・普及するために立ち上げられた NFC Forum では単純な通信規格のみならず、データフォーマットやアプリケーションの部分まで協議されています。ここまでを分かりやすくまとめたものが次の図です。



図：各種規格の関係図

また、NFC とよくニュアンスの言葉として RFID という言葉で表されていたように記憶されている方もいらっしゃるかもしれません。FeliCa もかつては RFID の一例として知られていました。RFID や NFC といった類義語の関係を知らするためにはその成り立ちを学ぶのが一番です。次にそれらの歴史を追ってみましょう。

RFID の歴史 ～バーコードから RFID へ～

RFID は、Radio Frequency IDentification の略で、無線通信で個体識別することを表します。そもそも、RFID は次世代バーコードと呼ばれることがあるようにバーコードの後継技術として捉えられていました。

1972 年、スイスのスーパーマーケットで POS (Point of Sales) システムが導入されました。このシステムで使われたのがバーコードです。バーコードは 1973 年にアメリカで UPC (Universal Product Code) として、1977 年にヨーロッパで EAN (European Article Number) として規格化されました。ちなみに日本では 1978 年に JAN コードとして規格が制定されています。

その後、IT システムの普及とともに管理する情報量が飛躍的に増加し、商品に含めるデータを増やすためにもバーコードを拡張する必要が出てきました。そのうちの一つの施策が RFID だったのです。

RFID 技術そのものは第二次世界大戦において既に利用されていたといえます。具体的には 1948 年、イギリスは自国の飛行機と敵のそれを区別するために初めて RFID を用いたとされています。

その後、1978 年には牛に RFID を埋め込む実験がシカゴ大学で行われ、体温など牛の健康管理に用いられました。その他の例では車の盗難防止を目的としたイモビライザがあります。これは RFID チップを埋め込んだ鍵を車の方のリーダで認識し、あらかじめ登録された ID と一致したときのみエンジンをかけるというものです。また、RKE (Remote Keyless Entry) と呼ばれる遠くから車のドアを開けたり、エンジンをかけたりする仕組みも RFID が用いられています。

RFID の原型は図書館や CD ショップの盗難防止用に用いられている EAS (Electronic Article Surveillance) ですが、初期の EAS は ID を持っていないため厳密にいうと RFID ではありません。当初はタグがあるかないかだけを判断していたようです。これが発展して ID が付与され、書き込み機能が付加されたものがパッシブ RFID タグです。パッシブ RFID タグはその名の通り、タグ自身に電源を持っていません。電源や搬送波の源振などはリーダから供給されます。主な給電方法は電磁誘導方式と電波反射方式の 2 種類です。電磁誘導方式は 13.56MHz 以下の低周波帯で使われ、電波反射方式はそれより高い周波数帯で使われます。ちなみに NFC 技術では 13.56MHz 帯の周波数帯域を使用しています。

反面、パッシブ RFID タグはタグ側にも電池を搭載したもので、パッシブ RFID タグより通信距離を長くできます。通信に関して、パッシブタグでは、電源と搬送波の源振がリーダから供給されるために双方向の通信が必須ですが、アクティブタグではそれらをタグ自身に持っているため必ずしも双方向通信である必要はありません。

RFID 技術を使った非接触 IC カード

FeliCa や MIFARE などの非接触 IC カードも技術原理的には RFID と同じです。しかし、他の RFID 技術が主に家畜や物流などのモノに使われるのに対して非接触 IC カードはヒトの識別に使用されるために国際標準内で RFID タグとは別のサブコミッティ（ISO/IEC JTC 1/SC 17：カードと個人識別に関する標準化）で審議されています。

非接触 IC カードはその交信距離により、以下のように分類されています。

表：非接触 IC カードの規格

国際標準	通信距離	周波数
ISO/IEC 10536 密着型 (Close coupled)	2mm 以下	4.91MHz
ISO/IEC 14443 近接型 (Proximity)	100mm 以下	13.56MHz
ISO/IEC 15693 近傍型 (Vicinity)	700mm 以下	13.56MHz

この中で、FeliCa や MIFARE など一般的な非接触 IC カードの範疇となるのは主に ISO/IEC 14443 の近接型の規格です。実は FeliCa も Type C として ISO/IEC 14443 の規格化を目指していましたが、審議の時間切れで実現することはありませんでした。それが 2000 年ごろの話です。

モバイルを視野に入れた NFC と NFC Forum

ISO/IEC 14443 のカード使用では、RF 回路とアナログ回路、デジタル・プロトコルやアプリケーションのファイル・アクセスの一部までを盛り込み、全体を包括する仕様になっていました。しかし、このような包括的なカード仕様ではなく通信部分だけを切り出して規格にすれば、モバイルに搭載できるなどのもっと面白い応用ができるのではないかと考えられました。そこから生まれたのが NFC の規格、ISO/IEC 18092 (NFCIP-1) です。そのような背景があるため ISO/IEC 18092 は、非接触 IC カードの ISO/IEC JTC 1/SC 17 ではなく、通信とシステム間の情報交換の標準化を担当する ISO/IEC JTC 1/SC 6 で検討されました。

なお、NFCIP-1 の規格は MIFARE こと ISO/IEC 14443 Type A と FeliCa のインタフェースがベースとなっています。RFID が無線通信による個体識別で、NFC が近距離無線通信ならば、両者は概念としてよく似ています。しかし、RFID では数 m 単位で通信できるものもある一方で NFC はかざすことで読める程度の電力しか使わないように決められています。また、RFID はもともと物流用に使われていたこともあって、そのリーダ/ライタ

は高価でシステムの導入費用もかかります。しかし、NFC では、そのような専用システムがなくとも、モバイル端末で書き換え可能になります。ざっくり区別すると、RFID は産業用で、NFC は民生用となります。

NFC はかなり上位の概念であるため実装規格がないと各社がバラバラの実装をしてしまい、互換性のない機器やカードができてしまいます。そこで NFCIP-1 が制定された翌年 2004 年に、NFC 規格の細部を決定すべく、フィリップス（現 NXP）やノキア、ソニーが共同して NFC Forum を立ち上げました。

なぜ今 NFC なのか

NFC Forum では、NFC の規格を何に使うのか、ユーザ・メリットは何かということから議論され始めました。そうして初めに決まったのが後述する NFC の三つのモードです。議論の中で重要とされたのが既存の非接触 IC カードとの互換性です。NFC の実装規格は既存のカードでも動くようなものにする必要があったのです。それゆえか、基本方針を決めてから具体的な規格に落とし込むのに 6～7 年の年月を要し、2010 年の後半になってようやく第 1 世代の実装規格が決まりました。そして、2011 年ころからチップ・メーカーから NFC 実装規格に沿った半導体が登場し始めたのです。これが昨今、NFC が注目を集めている理由です。

NFC の三つのモード

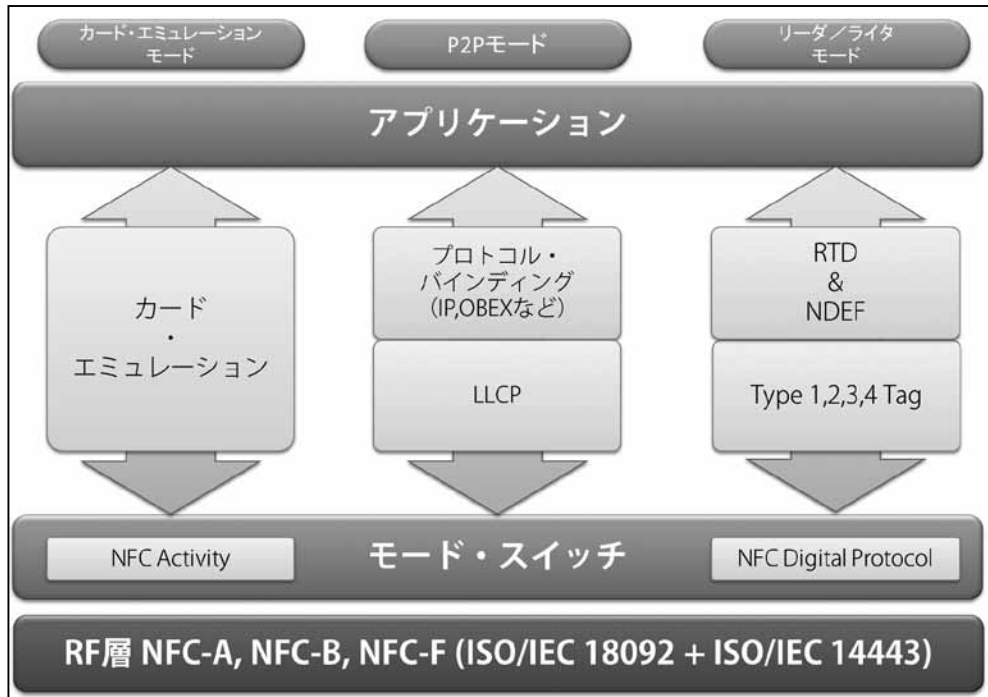
前述した NFC Forum で最初に決められたのが以下に示す NFC の三つのモードです。

- ・カード・エミュレーションモード
- ・P2P モード
- ・リーダー/ライターモード

カード・エミュレーションモードは、NFC デバイスで Suica や PASMO などの NFC カード機能を実現するモードです。本機能は、必須ではなくオプションとなっていますが、選択する場合は、Type3 Tag か Type4 Tag の仕様に基づく Tag Platform 仕様に準拠する必要があります。

P2P モードは、2 台の NFC デバイス同士間で双方向のデータ通信を行う機能です。NFCIP-1 の DEP を用いて行うことから NFC-DEP と呼称しています。NFC Forum の規定では、NFCIP-1 の 3 種類のビットレート（106/212/424kbps）のうち、イニシエータ・デバイスはいずれか 1 種類が、ターゲット・デバイスは全てのサポートが必須とされています。

リーダ／ライタモードは、NFC デバイスをリーダ／ライタとして使用し、既存の非接触ICカードを想定した4種類のNFC Forum Tag に対するアクセス機能をサポートします。



図：NFC の三つのモード

NFC の展望

2012年初頭現在、NFC フォーラムでは、ハンドオーバ技術の標準化の検討を始めているといいます。ハンドオーバ技術とは通信経路をNFCからBluetoothやWi-Fiに切り替えるための技術のことを言います。NFCの操作は直感的ですが、その通信速度は106Kbps～424Kbpsと比較的低速です。そこで高速な通信手段にハンドオーバすることで、大きなデータを送れるようになるのです。その際、利用者はタッチするだけで良く、BluetoothやWi-Fiの面倒な初期設定が不要となります。

後半：NFC カードの規格

前半で述べたように、NFC という用語は ISO 規格（ISO/IEC 18092：NFCIP-1、ISO/IEC 21481：NFCIP-2）に由来しています。NFCIP-1 では、前述の非接触 IC カードのインタフェース・プロトコルのうち MIFARE（TypeA）と FeliCa のインタフェースをベースとしており、既存の非接触 IC カードとの相互接続性を維持しつつ、機器間の双方向通信を可能とする機能を拡張しています。

ここでは非接触 IC カード（NFC カード）の具体的な仕様を見てみましょう。（個人）開発者が容易に利用できる NFC カードとしては、主に FeliCa Lite と MIFARE Ultralight があります。これらはそれぞれ FeliCa シリーズと MIFARE シリーズの廉価版にあたるもので、どちらのカードも数百円あれば入手することができます。

NFC カードの基本動作原理

NFC カードの通信は、下記の流れで行われます。

- (1) リーダ／ライタのアンテナを使って微弱電波を発生させる。
- (2) カードのアンテナを介し、発生した微弱電波から電磁誘導によって電力を取得し、取得電力が規定値を上回った時点でカード内の IC チップを起動させる。
- (3) リーダ／ライタは微弱電波に変調をかけて、カードにリクエストデータを送信する。
- (4) リーダ／ライタからのデータを受信したカードは、リクエスト・データを処理し、カード IC 内の負荷を切り替えることによってリーダ／ライタにレスポンス・データを返信する。
- (5) リーダ／ライタはカード IC 内の負荷変動を、リーダ／ライタのアンテナの負荷変動として検出し、レスポンス・データを受信する。

世界で広く普及し利用されている NFC カードとしては、TypeA 方式、TypeB 方式、FeliCa 方式の 3 種類があります。これらは 13.56MHz の搬送波を用いているところで共通ですが、それぞれ符号化方式や変調方式、アンチ・コリジョン（衝突防止）方式などが違います。それらを次ページの表にまとめます。

表：NFC カードの各方式の比較表

		ISO/IEC 14443 Type A	ISO/IEC 14443 Type B	FeliCa (ISO/IEC 18092 受動通信モード)	
衝突防止方式	アンチ・コリジョン	ビット・コリジョン、 タイム・スロット	スロット・マーカ	タイム・スロット	
通信方式	ビット・ コーディング	(リーダ/ライタ) → (カード)	Modified Miller	NRZ	Manchester
		(カード) → (リーダ/ライタ)	Manchester	NRZ	Manchester
	変調方式	(リーダ/ライタ) → (カード)	ASK 100%	ASK 10%	ASK 10%
		(カード) → (リーダ/ライタ)	OOK	BPSK	ASK
	搬送波		$f_c = 13.56$ MHz サブキャリア $f_c/16 = 847$ kHz	$f_c = 13.56$ MHz サブキャリア なし	
通信速度		106kbps($f_c/128$) ~	212kbps($f_c/64$) ~		
通信形		非対称形 (カード) → (リーダ/ライタ) にサブキャリア利用	対象形		
代表的な応用例		taspo	住民基本台帳カード 自動車運転免許証	Suica,PASMO,Edy	

MIFARE Ultralight の概要

MIFARE Ultralight (MFOICU1) の大まかな特徴を以下に示します。

- ・リーダライタから 100mm までの距離で通信可能
- ・データ転送速度は 106kbps
- ・7 バイトのシリアル番号
- ・発行処理速度は 35 ミリ秒以下
- ・高速計算処理は 10 ミリ秒以下
- ・EEPROM は 512 ビット
- ・4 バイトひとまとめページ単位で扱われる (つまり、全部で 16 ページ)
- ・ページ毎にリードオンリーの指定可能
- ・EEPROM のうち 32 ビットは OTP エリア (一度のみ書き込めるエリア) として確保
- ・ユーザー領域は全部で 384 ビット (12 ページ)
- ・データ保持期限は 5 年間
- ・書き込み耐久回数は 10000 回

MIFARE Ultralight のメモリ構成

MIFARE Ultralight のメモリ構成を次の表に示します。全部で 512 ビットあるのがわかります。

表：MIFARE Ultralight のメモリ構成

Byte Number	0x00	0x01	0x02	0x03	Page
Serial Number	SN0	SN1	SN2	BCC0	0x00
Serial Number	SN3	SN4	SN5	SN6	0x01
Internal / Lock	BCC1	Internal	Lock0	Lock1	0x02
OTP	OTPO	OTP1	OTP2	OTP3	0x03
Data Read/Write	Data0	Data1	Data2	Data3	0x04
Data Read/Write	Data4	Data5	Data6	Data7	0x05
Data Read/Write	Data8	Data9	Data10	Data11	0x06
Data Read/Write	Data12	Data13	Data14	Data15	0x07
Data Read/Write	Data16	Data17	Data18	Data19	0x08
Data Read/Write	Data20	Data21	Data22	Data23	0x09
Data Read/Write	Data24	Data25	Data26	Data27	0x0A
Data Read/Write	Data28	Data29	Data30	Data31	0x0B
Data Read/Write	Data32	Data33	Data34	Data35	0x0C
Data Read/Write	Data36	Data37	Data38	Data39	0x0D
Data Read/Write	Data40	Data41	Data42	Data43	0x0E
Data Read/Write	Data44	Data45	Data46	Data47	0x0F

FeliCa Lite の主な仕様

FeliCa Lite の主な仕様は以下の通りです。

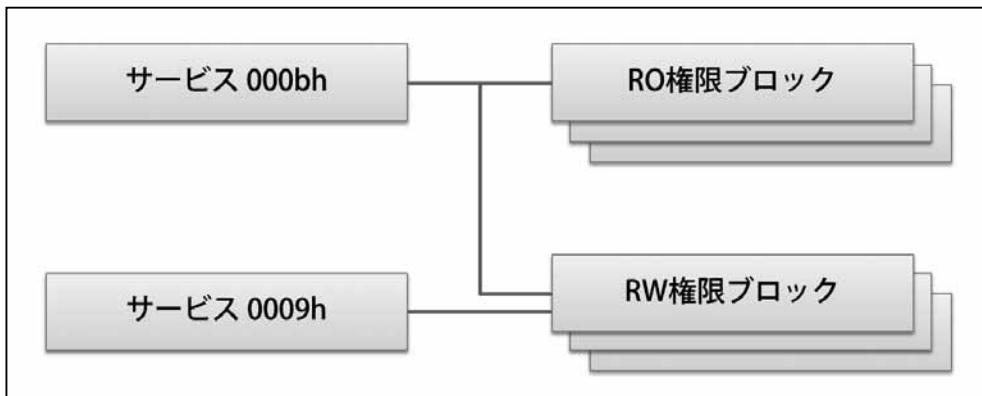
- ・ FeliCa Lite の IDm は 8 バイトのユニーク値
- ・ 対応コマンド：Polling、Read Without Encryption、Write Without Encryption
- ・ アンチ・ブローケン・トランザクション（アンチ・ティアリング）対応
- ・ ファイルフォーマット固定
- ・ 各ユーザーブロックを独立に読み出し専用または読み出し・書き込み可能に設定可能
- ・ 読み出すブロックデータに MAC を付加して改ざんの検知が可能
- ・ 通信路暗号化は非対応

FeliCa Lite のファイルシステム

FeliCa Lite のファイルシステムには、サービスと呼ばれる基本概念が導入されています。ユーザーは、リード/ライトアクセス用とリードオンリーアクセス用の 2 つのサービスを用いてブロックにアクセスします。

ファイルシステムでは、不揮発性メモリ領域を 16 バイトの最小記録単位で管理しています。これをブロックとよびます。

ユーザーのデータはすべてブロックに格納されます。ただし、ユーザーからのアクセス単位もブロックとなるため、16 バイトを超えるデータを格納するには、複数のブロックに分割して格納する必要があります。



図：FeliCa Lite ファイルシステムの概念図

以下に、ユーザーが使用できるブロックの一覧を示します。

表：FeliCa Lite のブロック一覧

ブロック番号	名称	有効バイト数	各発行状態でのアクセス権限			備考
			0次発行	1次発行	2次発行	
00h	S_PAD0	16	RW	RW / RO	RW / RO	ユーザーブロック
01h	S_PAD1	16				
02h	S_PAD2	16				
03h	S_PAD3	16				
04h	S_PAD4	16				
05h	S_PAD5	16				
06h	S_PAD6	16				
07h	S_PAD7	16				
08h	S_PAD8	16				
09h	S_PAD9	16				
0ah	S_PAD10	16				
0bh	S_PAD11	16				
0ch	S_PAD12	16				
0dh	S_PAD13	16				
0eh	REG	16				
80h	RC	16	RW	RW	RW	認証機能用ブロック
81h	MAC	8	RO	RO	RO	
82h	ID	16	RW	RO	RO	システムブロック
83h	D_ID	16	RW	RO	RO	
84h	SER_C	2	RW	RO	RO	
85h	SYS_C	2	RO	RO	RO	
86h	CKV	2	RW	RO	RO	
87h	CK	16	RW	RO	RO	
88h	MC	5	RW	RW	RO	

情報の入手先

この本に記載した情報は、全て Web で入手することができます。参考文献、もしくは、有志による情報収集ページ、NFC Labo (<https://sites.google.com/site/nfclabo/>) を参照してください。