

研究や実務に役立つエレクトロニクスの参考書

2023
Spring
No.162

トランジスタ技術 SPECIAL

フレッシュャーズもベテランも! 電子回路のサッと早見集

エレクトロニクス設計 便利帳 101

electronics
design

convenience book

Digital parts

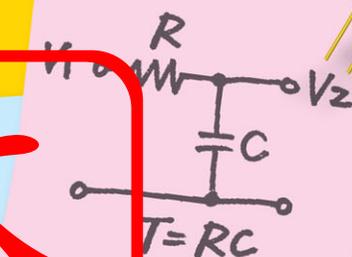
Connector

ication

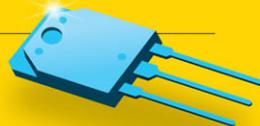
実務
教科書
「学ぶ」を応援!

CQ出版社

見本



dBc



10000
100000

抵抗・コイル・コンデンサの設計便利資料

① リード線抵抗に使われているカラー・コードの読み方

藤平 雄二

カラー・コードとは、**数字や乗数、許容差などを色で表すためのものです**。カラー・コードを表1に示します。

カラー・コードを覚えるとき、まず赤が2と覚えてください。その次からは、中学のとき覚えた虹の色「赤、橙、黄、緑、青、藍、紫」の順になります。ただし、よくわからない色「藍」は抜いてください。これで2~7までは覚えられます。次の白と灰は私も悩むときがあります。ですが、白(9)と黒(0)は端と覚えると大丈夫です。そうすると茶は1しかなくなります。いくつかの例を表2に示します。

● 炭素皮膜抵抗

電気回路でよく使う**炭素皮膜抵抗は4本の色帯で表します**。炭素皮膜抵抗の許容差は、ほぼすべて5%なので、最後の色が金色の色帯ですから**金色の帯の逆側から読んでいきます**。

● 金属皮膜抵抗

抵抗値は**5本の色帯で表します**。許容差を表す色帯がほかのものより太くなっているため、**太い帯の逆側から読んでいきます**。

表1 カラー・コード



色	有効数字	乗数	許容差
黒	0	10 ⁰	—
茶	1	10 ¹	±1%
赤	2	10 ²	±2%
橙	3	10 ³	—
黄	4	10 ⁴	—
緑	5	10 ⁵	—
青	6	10 ⁶	—
紫	7	10 ⁷	—
灰	8	10 ⁸	—
白	9	10 ⁹	—
金	—	10 ⁻¹	±5%
銀	—	10 ⁻²	±10%

表2 カラー・コードの表示と抵抗値の例

実物イメージ	有効数字	乗数	値	許容差
黄紫赤金 	黄紫 = 47	赤 = 10 ² = 100	47 × 100 = 4700 Ω = 4.7 kΩ	金 = ±5%
赤赤黒金 	赤赤 = 22	黒 = 10 ⁰ = 1	22 × 1 = 22 Ω	金 = ±5%
緑茶金金 	緑茶 = 51	金 = 10 ⁻¹ = 0.1	51 × 0.1 = 5.1 Ω	金 = ±5%
紫赤 黄黒茶 	黄紫黒 = 470	赤 = 10 ² = 100	470 × 100 = 47000 Ω = 47 kΩ	茶 = ±1%
黒黄 茶黒茶 	茶黒黒 = 100	黄 = 10 ⁴ = 10000	100 × 10000 = 1000000 Ω = 1 MΩ	茶 = ±1%

見本

2 チップ抵抗/コンデンサ/コイルの値の読み方

藤平 雄二

● チップ抵抗の抵抗値

チップ抵抗には、3桁の数字が書かれています。それぞれの数字は、カラー・コードと同様な意味もっています。小数点が必要なときはRで表します。表3に例を示します。

● コンデンサの容量値

電解コンデンサには、容量がそのままの値で書かれています。またマイラ・コンデンサと積層セラミック・コンデンサでは、容量を3桁の数字で表しています。ただし、100 pF未満のセラミック・コンデンサには、そのままの値(単位はpF)が書かれています。

3桁表示の例を表4に示します。3桁目が乗数を表しているのは、チップ抵抗(表3)と同じです。ただし単位はpFです。許容差は、表5のようにアルファベットで表します。

表4 コンデンサの表示と容量の例

表示	値
105	$10 \times 10^5 = 1000000 \text{ pF} = 1 \mu\text{F}$
224	$22 \times 10^4 = 220000 \text{ pF} = 0.22 \mu\text{F}$
333	$33 \times 10^3 = 33000 \text{ pF} = 0.033 \mu\text{F}$
472	$47 \times 10^2 = 4700 \text{ pF} = 0.0047 \mu\text{F}$
681	$68 \times 10^1 = 680 \text{ pF}$

表5 許容差記号

記号	F	G	J	K	M	Z
値	±1%	±2%	±5%	±10%	±20%	-20%, +80%

● コイルのインダクタンス値

コイルの表示とインダクタンスの例を表6に示します。抵抗やコンデンサと同じです。ただし単位はμHです。

表3 チップ抵抗の表示と抵抗値の例

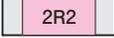
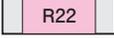
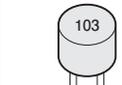
実物イメージ	有効数字	乗数	値
 473	47	$10^3 = 1000$	$47 \times 1000 = 47 \text{ k}\Omega$
 101	10	$10^1 = 10$	$10 \times 10 = 100 \Omega$
 100	10	$10^0 = 1$	$10 \times 1 = 10 \Omega$
 2R2	—	—	2.2 Ω
 R22	—	—	0.22 Ω

表6 コイルの表示とインダクタンスの例

形状	値	許容差
	$10 \times 10^3 = 10000 \mu\text{H} = 10 \text{ mH}$	—
	$10 \times 10^1 = 100 \mu\text{H}$	—
	$33 \times 10^1 = 330 \mu\text{H}$	銀色は ±10%

3 角形チップ抵抗器の外形寸法

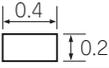
稲葉 保

表7に角形チップ抵抗器の外形寸法と実物大の外形を示します。

外形の呼称は、例えば“1608”は公称1.6×0.8 mmを表し、数値が小さいほど小型です。

高周波回路では回路が小さくなる必要があります。チップ抵抗器を使いますが、小型化によって許容消費電力も小さくなるので、回路に加わる電圧と電流値については注意が必要です。

表7 角形チップ抵抗器の外形寸法

呼称	0402	0603	1005	1608	2012	3216	3225	5025	6432
インチ呼称	01005	0201	0402	0603	0805	1206	1210	2010	2512
寸法 [mm]		0.6×0.3	1.0×0.5	1.55×0.8	2.0×1.25	3.1×1.55	3.2×2.6	5.0×2.5	6.3×3.15
実物大	-	-	-	-	-	-	-	-	-

基本電子回路の便利帳

1 抵抗によるLEDの電流制限

馬場 清太郎

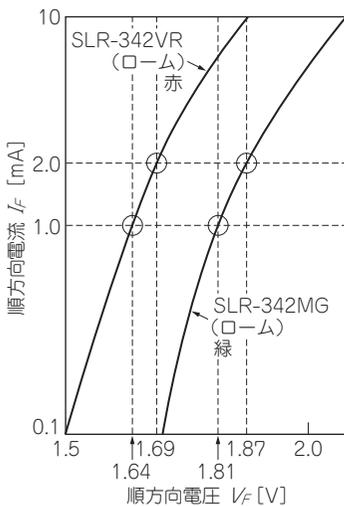
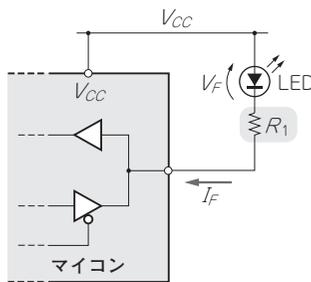


図1 LEDの順方向電圧-電流特性例



■ 値を求める式
 $V_F + R_1 I_F = V_{CC}$

■ 計算例
 $V_{CC} = 3.3V$ とする
 SLR-342VRを $I_F = 2mA$ で使用すると
 (a)より $V_F = 1.69V$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} = \frac{3.3 - 1.69}{2 \times 10^{-3}} = 805\Omega$$
 $\approx 820\Omega$ (E12系列)

LEDは流れる電流が変わっても電圧があまり変わらない定電圧性素子である。電圧源でドライブすると過電流が流れLEDが焼損する。そこで、マイコンのポートのような電圧源でドライブするときは、抵抗で電流値を制限する

図2 LEDの電流制限抵抗値の求め方

マイコン内蔵のA-Dコンバータを同時に使う場合は、外部トランジスタを使ってLEDを駆動し、マイコンやIC内部のグラウンドに大電流を流さないようにします。LEDの大きな順方向電流がマイコンに流れ込むと、マイコンやIC内部のグラウンド配線の電圧降下が増加し、A-D変換誤差が大きくなることもあるためです。

2 トランジスタによるローサイド・ドライブ回路

馬場 清太郎

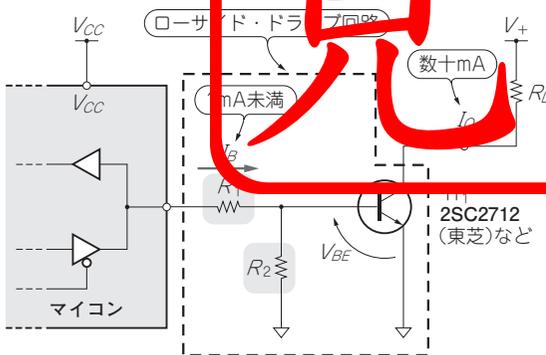


図3 トランジスタによるローサイド・ドライブ回路

■ 値を求める式
 $h_{FE} = \frac{I_O}{I_B} = 20$ とすると次のようになる

$$I_B = \frac{I_O}{h_{FE}} = \frac{4mA}{20} = 0.2mA$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_O} \cdot h_{FE} = 20 \times \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_O}$$

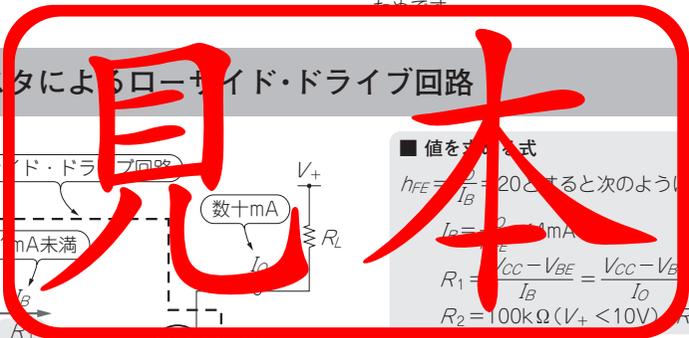
$$R_2 = 100k\Omega (V_+ < 10V), R_2 = 47k\Omega (V_+ \geq 10V)$$

■ 計算例
 $V_{CC} = 5V, I_O = 10mA, V_+ = 12V, V_{BE} = 0.7V$ とすると
 次のようになる

$$I_B = 0.5mA < 4mA, R_2 = 47k\Omega$$

$$R_1 = 20 \times \frac{5 - 0.7}{10 \times 10^{-3}} = 8.6k\Omega \approx 8.2k\Omega$$
 (E12系列)

負荷抵抗 R_L に流れる電流をマイコンでON/OFFします。



ロジック回路の基礎知識

1 3つの基本素子 AND, OR, NOT

三原 順一

● 1と0の定義…HアクティブかLアクティブか

デジタル回路では図1に示すように、信号レベルの高低、つまり“H”か“L”かで状態を表します。しかし、HとLのどちらを真(1)にするかはユーザが決めることになっています。

H = 1, L = 0とする正論理(Hアクティブ、あるいはアクティブ・ハイと呼ぶ)が直感的ですが、逆にH = 0, L = 1とする負論理(Lアクティブ、あるいはア

クティブ・ローと呼ぶ)のケースもあります。ICのファンクションによって使い分けるにしても、混在することもあるので注意が必要です。とくに断らない限りは正論理(アクティブHと呼ぶ)のほうが多いです。

デジタル回路=ロジック回路(論理回路)を構成する基本要素として、AND(論理積)、OR(論理和)、NOT(否定)の3種類の素子(ゲートと呼ぶ)があります。

ANDゲート…論理積

まずは単純化のために2入力で話を進めますが、3入力でも他の複数入力でも考え方は同じです。

2入力ANDゲートは、2つの入力AとBが両方ともHのときに、出力がHになる回路です。ANDゲート



図1 正論理と負論理

見本

(a) スイッチによるAND

A	B	Q
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

(b) AND記号

(c) 真理値表

(a) スイッチによるOR

A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

(b) OR記号

(c) 真理値表

(a) スイッチによるインバータ

(b) NOT記号

Yを \bar{X} と表示する

X	Y
L	H
H	L

(c) 真理値表

図2 ANDゲート

図3 ORゲート

図4 NOTゲート

第7章 自分の設計担当領域で使う記号は最低限覚えよう

回路図記号の便利帳

宮崎 仁 Hitoshi Miyazaki

● 国家規格は JIS 記号

JIS C 0617は電気用図記号に関する規格のシリーズであり、JIS C 0617-1「電気用図記号—第1部：概説」からJIS C 0617-13「電気用図記号—第13部：アナログ素子」まで13種類の規格が作られています。

この中の第4部であるJIS C 0617-4に、抵抗、コンデンサ、インダクタの図記号が含まれています。代表的な図記号の例を図1に示します。

国際規格であるIEC規格では、このような箱型抵抗などのヨーロッパ式の表記が採用されています。日本でも1997年に、国際規格に整合するためにJISが改正されました(JIS C 0617が制定された)。

● 「旧JIS」記号が使われる場合も

それ以前はJIS C 0301(1952年制定)で規格化された図記号が使われており、抵抗はギザギザ状、インダクタはつまき状の図記号でした(表1の「トランジスタ技術の図記号」を参照)。JIS C 0301は米国式の表記を採用したものです。

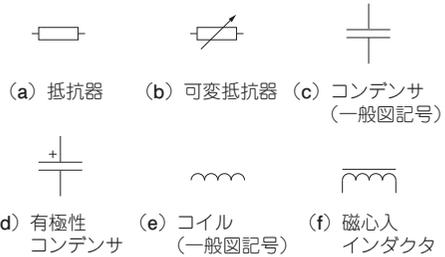


図1 抵抗、コンデンサ、インダクタの代表的な図記号

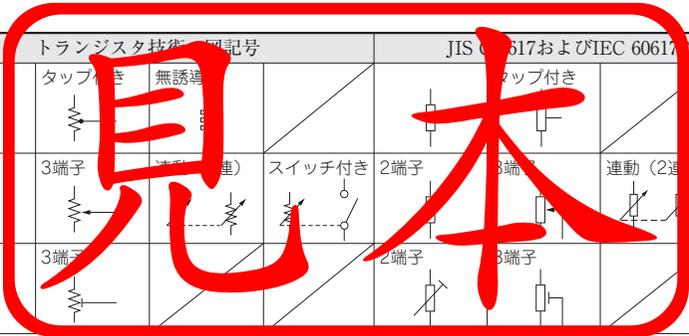
電子機器やコンピュータの分野(いわゆる弱電)では、現在でも米国式(旧JIS)の表記が一般的に使われています。それに対して、電力の分野(いわゆる強電)では政府調達の高比重が高く、JISが優先して使われています。その実態を反映してか、強電寄りの国家試験である電気主任技術者試験ではJIS C 0617準拠の図記号を、弱電寄りの国家試験である情報処理技術者試験ではJIS C 0301準拠の図記号を採用しています。

表1 回路図記号⁽¹⁾

名称	トランジスタ技術の図記号			JIS C 0617およびIEC 60617の記号例			備考
固定抵抗器		タップ付き	無誘導		タップ付き		—
可変抵抗器		2端子	3端子		2端子	3端子	(注1)
半固定抵抗器		2端子	3端子		2端子	3端子	—
抵抗アレイ							—
サーミスタ	直熱型(1)	直熱型(2)	傍熱型	直熱型	傍熱型		(注2)

(注1) 破線は連動を表す。(注2) ρ または θ を付ける。JIS C 0617では θ を付ける。

(a) 抵抗器



2線シリアル・インターフェース I²C

後閑 哲也 Tetsuya Gokan

I²C(Inter-Integrated Circuit)は、フィリップス(現在はNXPセミコンダクターズ)が提唱したマイコンと周辺デバイスとのシリアル通信規格です。外付けのEEPROMやA-D変換ICなどとの間で高速通信を実現します。これ以外にも、表示制御デバイスやD-A変換ICなどで、I²Cインターフェースを内蔵した製品

が各社から発売されています。

当初の目的から推測されるように、I²Cは同じ基板内などの近距離で直結されたデバイスと、100 kbps, 400 kbps, 1 Mbpsの速度でシリアル通信を行うために使われるもので、離れた装置間の通信などには向いていません。

1 I²C通信のしくみ

● 接続形態

I²C通信のしくみは、図1の構成を基本としています。図のように、1台または複数のマスタと、複数のスレーブとの間を、SCLとSDAという2本の線でパーティ・ライン状に接続します。マスタが常に権限を持っており、マスタが送信するクロック信号SCLを基準にしてデータ信号がSDAライン上で転送されます。

マルチマスタのときは、常時どれか1つのマスタだ

けがアクティブになっていて、主導権をもって通信を制御します。その間、ほかのマスタは何もしません。

I²C通信では、個々のスレーブがアドレスをもっています。データの中にアドレスを含めて送信相手を指定し、受信側が1バイト受信するごとにACK信号を返送します。互いに確認を取りながらデータ転送を行っているので、信頼性の高い通信が可能です。

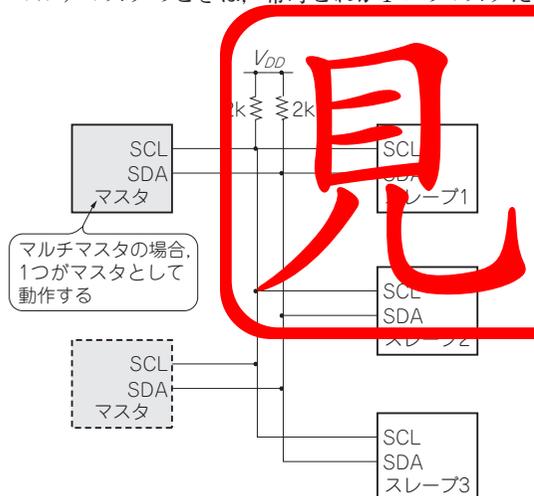


図1 I²Cのデバイス間接続の例
(注)NXPセミコンダクターズが2021年に改訂したI²C仕様書⁽¹⁾では、マスタがコントローラ、スレーブがターゲットと表記された

● 基本的な転送タイミング

I²C通信の基本的な転送タイミングは、図2のようになっています。マスタ側がSCLが“H”のときにSDAを“L”にしたときをStart Conditionとします。その後続けて、マスタがクロックの供給を続けながらアドレスとリードまたはライト要求のデータを送信します。このデータは、マスタで指定された1台のスレーブが、マスタと1対1で指定された方向で通信を行います。

データ要求の場合には、SCLのクロックに従ってマスタ側から8ビットのデータが出力され、続いてスレーブ側からアクノリッジ(ACK)信号が返送されます。

このとき、スレーブ側は、受信データの処理が完了するまでビジーとしてSCLを強制的に“L”にすれば、この間は見かけ上クロックがなくなるので、マスタ側は次のデータの出力を待つこととなります(クロッ

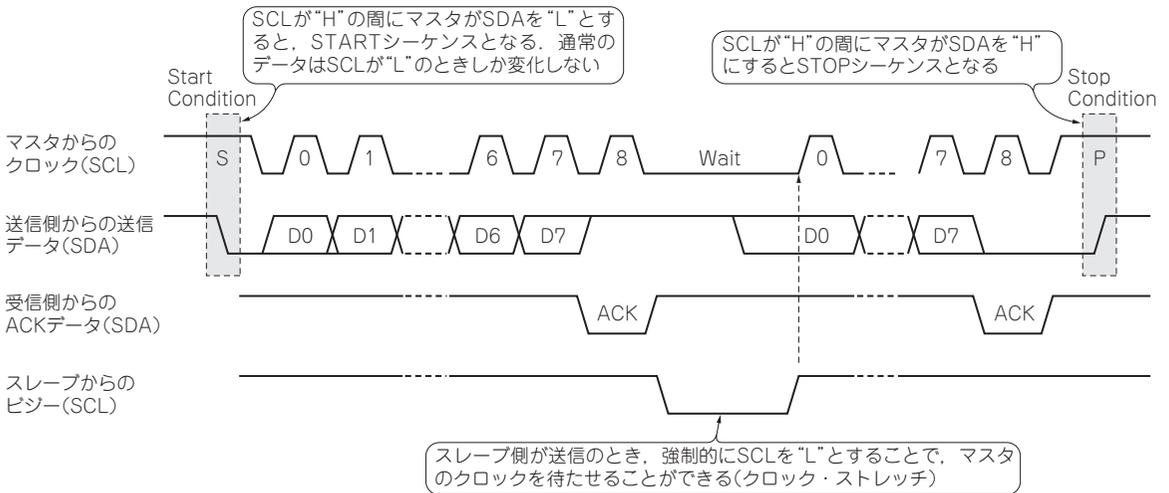


図2 I²C通信の基本的なタイミングとデータ・フォーマット

ク・ストレッチ)。

最後のデータを送り終わり、ACKを確認したあとスレーブがSDAを解放します。マスタがSDAを“L”

にしてクロックを停止して“H”にしてから、SDAを“H”にすることでStop Conditionとなり、通信は完了します。これが基本の転送手順です。

2 I²C通信のアドレス検出手順

● アドレス検出手順

I²C通信の通信手順のなかでは、アドレスが重要な役割を果たします。アドレス・フォーマットを図3に示します。

アドレスには、7ビット・モードと10ビット・モードがあります。7ビット・アドレスのときには、1バイトでアドレスとリード/ライトが同時に送信できてしまうので簡単ですが、10ビット・アドレスのときには、2バイトに分けて送る必要があります。やや複

雑な手順になります。

7ビットか10ビットかの区別は、10ビット・アドレスの最初の固定パターンで区別するので、7ビット・アドレスでは、11110xx というアドレスは使用禁止です。これ以外に、予約されたアドレス0000xxx(同報アドレス)と1111xxxは、使用禁止となっています。

アドレスの検出手順は、7ビット・アドレスの場合と10ビット・アドレスの場合で大幅に異なるので、それぞれを次に説明します。

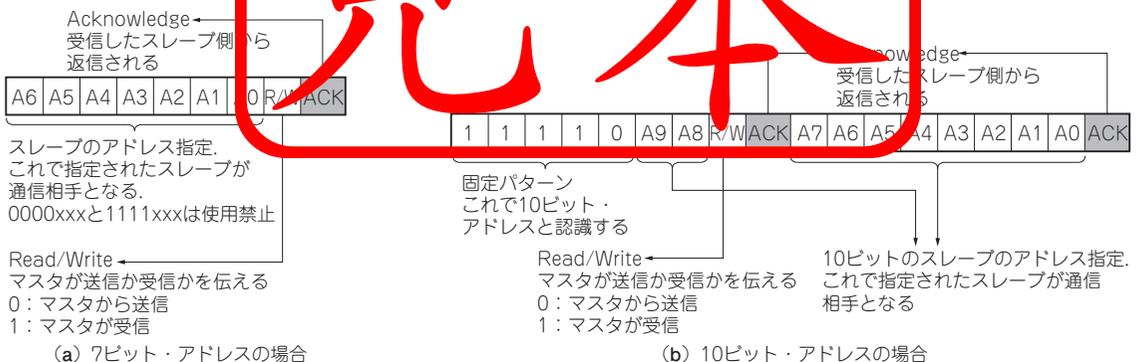
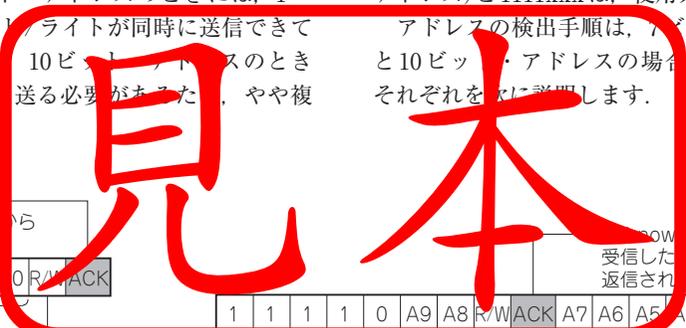


図3 I²C通信のアドレス・フォーマット

イーサネット コネクタ&ケーブル

1 イーサネットのコネクタとピン配置

編集部

表1にイーサネット・ケーブル(ツイスト・ペア線)のピン番号と信号名を示します。

写真1にコネクタの外観を、図1にピン配置を示します。プラグとレセプタクルではピン配置が逆になることに注意してください。

図2にクロス・ケーブルの結線図を示します。イーサネットのケーブルにはストレート・ケーブルとクロ

ス・ケーブルの2種類があります。一般的な接続の場合はストレート・ケーブルを使いますが、パソコンどうしを直接つなぐ場合には、かつてはクロス・ケーブルを使う必要がありました。今では機器側が自動判別機能を搭載していることがほとんどで、ケーブルの種類を気にする必要はほぼなくなっています。



(a)RJ-45レセプタクル



(b)RJ-45プラグ

写真1 イーサネット・コネクタの外観

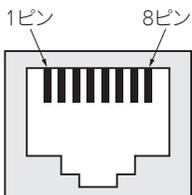


図1 RJ-45レセプタクルのピン配置

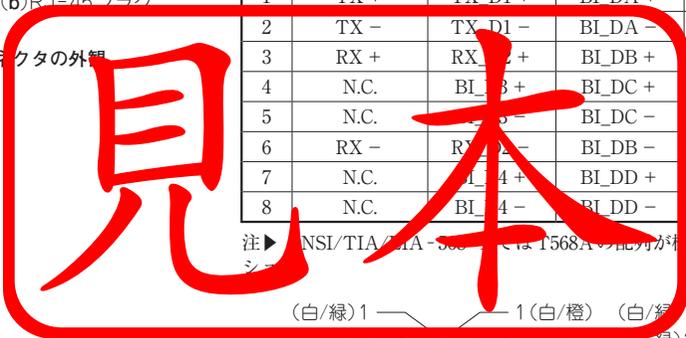
表1 イーサネット・ケーブル(ツイスト・ペア線)のピン番号と信号名

ピン番号	信号名			結線規格			
	10BASE-T/ 100BASE-T2/ 100BASE-TX	100BASE-T4	1000BASE-T	T-568-A		T-568-B	
				色	ペア番号	色	ペア番号
1	TX+	TX_D1+	BL_DA+	白/緑	3	白/橙	2
2	TX-	TX_D1-	BL_DA-	緑	3	橙	2
3	RX+	RX_D2+	BL_DB+	白/橙	2	白/緑	3
4	N.C.	BL_D3+	BL_DC+	青	1	青	1
5	N.C.	BL_D3-	BL_DC-	青/白	1	青/白	1
6	RX-	RX_D2-	BL_DB-	橙	2	緑	3
7	N.C.	BL_D4+	BL_DD+	白/茶	4	白/茶	4
8	N.C.	BL_D4-	BL_DD-	茶	4	茶	4

注▶ ANSI/TIA/EIA-568-A規格ではT568Aの配線が標準で、T568Bの接続はオプション



図2 クロス・ケーブルの結線図



電線・基板コネクタの便利帳

米倉 玄 Gen Yonekura

本章では、基板上に実装するタイプのコネクタとして電線と基板を接続するコネクタ、基板と基板を接続

するコネクタ、フレキシブル・プリント基板を接続するコネクタの3つを紹介します。 〈編集部〉

1 電線対基板コネクタの種類

● ここでは機器内部の引き回し用コネクタを扱う

電線対基板コネクタは、機器の内部配線に使用される機器内用と、機器間を接続する外部接続用に分けられます(図1)。通常、基板側のコネクタと電線側のコネクタが分かれている2ピース・タイプが使われますが、中には1ピース・タイプもあります。外部接続用は、ほとんどが2ピース・タイプです。さらに電線とコネクタの接続方法や基板への取り付け方法などで分類さ

れます。

外部接続用のコネクタは、HDMIやUSBなどのように規格化されているものが多くあります。ここでは、機器内用のコネクタを中心にまとめます。

● 電線とコンタクトの接続方法によって分類できる

電線とコンタクト(接触部を含む金属部分)の主な接続方法には圧着、圧接、はんだ付けがあります(図2)。圧着と圧接の加工方法は、はんだ付けのような熱ストレスが加わらないため信頼性が高く、また、加工性が良いため多く使われています。

圧着と圧接との根本的な違いは、電線の導体の変形のさせ方です。

▶ 圧着

事前に電線の絶縁を取り除いた導体と端子の金属どうしを高温・高圧で変形させるため、表面の酸化物を破り金属接触します。この場合はコンタクトとそれに

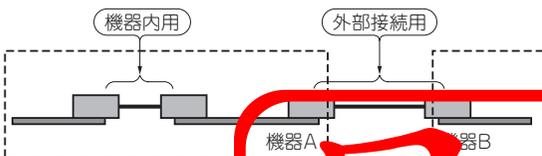


図1 ここでは機器内部接続用コネクタを紹介する。基板に電線をつなぐコネクタには機器内部接続用と外部接続用がある

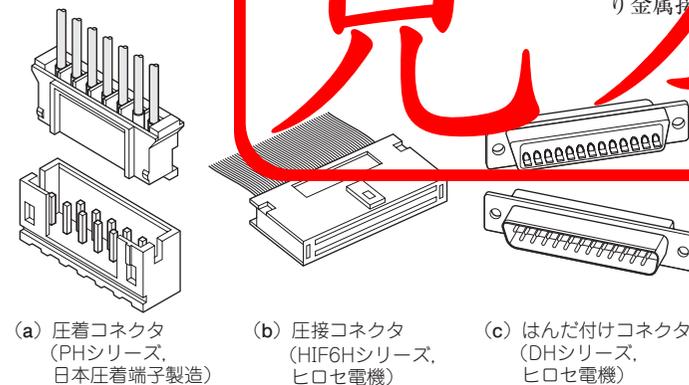


図2 電線とコンタクトの主な接続方法には圧着、圧接、はんだ付けの3つがある

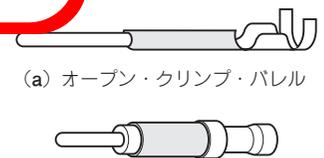


図3 圧着コンタクトの形状。圧着する部分の形状によって2種類に分けられる

HDMI 便利帳

米倉 玄 Gen Yonekura

HDMI(High Definition Multimedia Interface)は、デジタル家電やパソコン向けの映像、音声の接続規格です。

2002年12月、日立製作所、パナソニック、フィリップス、シリコンイメージ、ソニー、テクニカラー(旧トムソン)、東芝の7社によって共同で規格化されました。

HDMIは、主要な映画制作会社だけでなく、衛星テレビやケーブル・テレビ会社もサポートしています。最近では、テレビ、ビデオのようなデジタル家電ばかりではなく、パソコンに搭載されることもあります。

規格の策定、ライセンスの管理などは、HDMI

Licensing, LLC(<http://www.hdmi.org/>)という組織で行っています。

技術的には、DVI(映像信号のみ)をベースにしています。信号方式にはTMDS(Transition Minimized Differential Signaling)を採用し、使用例が多いシングル・リンクでは、データ伝送用3チャンネルとクロック・チャンネルの合わせて4チャンネル(差動信号)を使用しています。より大容量のデータを転送できるデュアル・リンクでは、データ伝送用5チャンネルとクロック・チャンネルの合わせて6チャンネルを使います。

1 HDMIコネクタの種類とピン配置

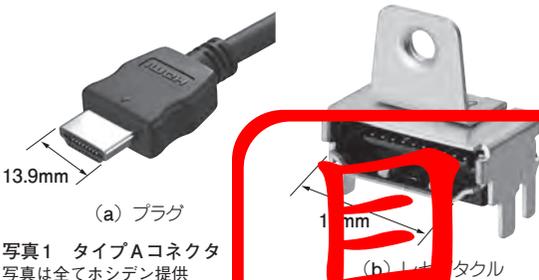


写真1 タイプAコネクタ
写真は全てホシデン提供

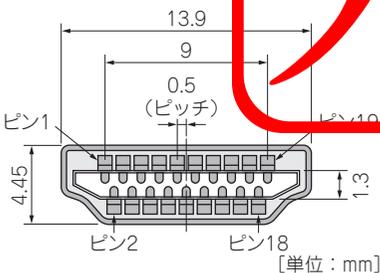


図1 タイプAプラグの形状
いちばん左(上側)がピン1で、その次(下側)がピン2、その次(上側)がピン3…となる。レセプタクル側は左右が逆になる

● 概要

タイプA(標準)とタイプB(高解像度バージョン)は、HDMI 1.0(2002年12月)で規定されました。HDMI 1.0の最大ピクセル・クロック・レートは165 MHzで、表示画面のリフレッシュ・レート60 Hzでは、1080pとWUXGA(1920×1200)に対応しています。

タイプC(ミニHDMIコネクタ)は、HDMI 1.3a(2006年11月)で規定され、主にビデオカメラ用途に対応するものです。HDMI 1.3は、30 MHzに周波数を上げ、

表1 タイプA・タイプBのピン

ピン	信号名	ピン	信号名
1	TMDS Data2 +	11	TMDS Clock Shield
2	TMDS Data2 Shield	12	TMDS Clock -
3	TMDS Data2 -	13	CEC
4	TMDS Data1 +	14	Utility
5	TMDS Data1 Shield	15	SCL
6	TMDS Data1 -	16	SDA
7	TMDS Data0 +	17	DDC/CEC Ground
8	TMDS Data0 Shield	18	+ 5 V Power
9	TMDS Data0 -	19	Hot Plug Detect
10	TMDS Clock +	—	—

単位, 物理定数

1 単位の使い方 3つの基本

藤田 昇

普段よく使う単位と言えば、時間(時, 分, 秒), 長さ(m, km), 重さ(g, kg), 体積(L, cc), 温度(°C)あたりでしょうか。車に乗る人は時速(km/h)もよく使いますね。

電子回路を作るときにもいろいろな単位を使います。時間, 長さ, 重さといった一般的な量の単位に加えて, 電気業界特有の単位もたくさん使われています。

まずは, どのような単位があり, どのように使うかを理解していないと, 電子回路設計に困ったり, ほかの技術者と話が通じなかったり, 誤って受け取られたりします。会社で図面を作ったり, 報告書を書いたりするときにも単位は欠かせません。

まずは電気・電子の基本単位をマスタして正確に使い分けましょう。

基本① 国際基準！「SI(エスアイ)」

物理量の単位は, 国際的に統一されたSI [Le Systeme International d'Unites; 国際単位系(フランス語)] で定められています。

SIはメートル法を発展・後継した基準であり, 秒, メートル, キログラム, アンペア, ケルビン, モル, カンデラという, 7つの基本単位(表1)と, それらから導かれる組立単位で構成されています。

組立単位のうち, 電気関係でよく使われるものを表2に示します。あまりなじみのない単位もありますが, 表2を見ると, どのような意味をもつかを類推できます。

表1 SI基本単位(2019年5月20日改訂)

量	記号	名称	定義
時間	s	秒	単位 s^{-1} (Hzに等しい)による表現で, 基底状態で一度が0ケルビンのセシウム133原子の超微細構造の周波数 $\Delta\nu_{Cs}$ の値を9192631770と定めることによって設定される。実質的には現行と同じ
長さ	m	メートル	単位 $m \cdot s^{-1}$ による表現で, 真空中の光速 c の数値を299792458と定めることによって設定される。実質的には現行と同じ
質量	kg	キログラム	単位 $s^{-1} \cdot m^2 \cdot kg$ ($J \cdot s$ に等しい)による表現で, プラーク定数 h の数値を $6.62607015 \times 10^{-34}$ と定めることによって設定される。この変更により, キログラムの定義は秒とメートルの定義に依存することになった
電流	A	アンペア	電気素量 e の数値を $1.602176634 \times 10^{-19}$ と定めることによって設定される。単位はCであり, これはまた $A \cdot s$ に等しい
熱力学温度	K	ケルビン	単位 $s^{-2} \cdot m^2 \cdot kgK^{-1}$ ($J \cdot K^{-1}$ に等しい)による表現で, ボルツマン定数 k の数値を 1.380649×10^{-23} と定めることによって設定される
物質質量	mol	モル	1モルは正確に $6.02214076 \times 10^{23}$ の要素粒子を含む。この数値は単位 mol^{-1} による表現でアボガドロ定数 N_A の固定された数値であり, アボガドロ数と呼ばれる
光度	cd	カンデラ	単位 $s^3 \cdot m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot cd \cdot sr$ または $cd \cdot sr \cdot W^{-1}(lm \cdot W^{-1}$ に等しい)による表現で, 周波数 540×10^{12} Hzの単色光の発光効率の数値を683と定めることによって設定される。実質的には現行と同じ

**基本② 単位を書くときは
大文字・小文字を正しく使い分ける**

大きな量・小さな量を表記するために、表3に示す接頭語も定められています。

接頭語のm(ミリ)は 10^{-3} 、M(メガ)は 10^6 なので、9桁の違いがあります。これは単位の混同にも言えることで、間違いやすいのはk(キロ)とK(ケルビン)やs(秒)とS(ジーメンス)です。これらは全く異なる意味をもちます。

人名を元にした単位は大文字で表記するのが原則です。例えば、A(アンペア, Andre-Marie Ampere, フランス)やV(ボルト, Alessandro Volta, イタリア)がそうですし、さきのS(ジーメンス, Ernst Werner von Siemens, ドイツ)も人名が元になっています。

基本③ SIの接頭語は重ねて使わない

接頭語を重ねて使うことは禁じられています。かつては $\mu\mu\text{F}$ (マイクロマイクロファラッド)と書くことがありましたが、今はpF(ピコファラッド)と書かなければなりません。

電気関係の物理量は数値の範囲が広いので、接頭語をよく使います。h(ヘクト), da(デカ), d(デシ), c(センチ)は慣習的に使いません。唯一の例外としてdB(デ

シベル)があります。

*

● いつでも、誰にでも同じ基準を提供することを目指して進化中

SIの基本単位は技術の進展によって定義に変更が加えられてきました。

当初の長さの基準は人工物のメートル原器でしたが、現在は真空中の光速が基準になっています。原則的には、いつでも、どこでも、誰にでも同じ基準が得られることを目標に、より精度の高いものを目指して改定してきました。

2018年に、国際度量衡総会(CGPM)によってSI基本単位の定義が改訂され、2019年5月20日に施行されました(表1)。大きな変更点は、質量の基準がプランク定数をもとにして定義されたことです。これにより、唯一残っていた工作物(国際キログラム原器)に基づく定義がなくなりました。また、ほかの基本単位も不確かさが減るような定義に書き換えられました。

定義変更による数値と現行数値の差は極めて小さい(有効数字の最終けたの不確かさが減るくらい)ので、日常生活や回路設計に影響することはありません。

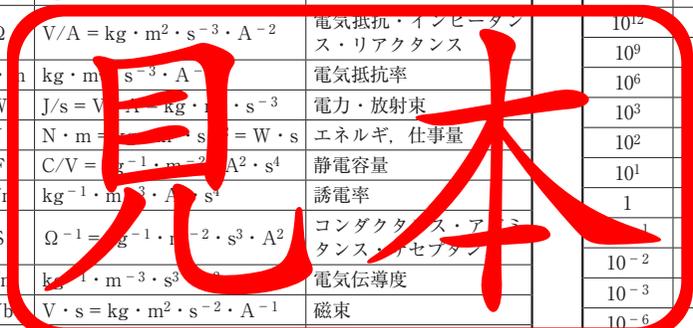
表3 SIの接頭語

2022年11月に 10^{30} , 10^{27} , 10^{-27} , 10^{-30} が追加された。電気・電子関係でよく使われるのは、a(アト, 10^{-18})からE(エクサ, 10^{18})くらいまで

表2 電気・電子関係で使われる主な組立単位

名称	記号	次元(基本単位での表示)	物理量
ラジアン	rad	(無次元)	平面角
ステラジアン	sr	(無次元)	立体角
ヘルツ	Hz	s^{-1}	周波数, 振動数
クーロン	C	$\text{A} \cdot \text{s}$	電荷・電気量
ボルト	V	$\text{J}/\text{C} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$	電圧・電位
ボルト毎メートル	V/m	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$	電界強度
オーム	Ω	$\text{V}/\text{A} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$	電気抵抗・インピーダンス・リアクタンス
オーム・メートル	$\Omega \cdot \text{m}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$	電気抵抗率
ワット	W	$\text{J}/\text{s} = \text{V} \cdot \text{A} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$	電力・放射束
ジュール	J	$\text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{W} \cdot \text{s}$	エネルギー, 仕事量
ファラド	F	$\text{C}/\text{V} = \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{A}^2 \cdot \text{s}^4$	静電容量
ファラド毎メートル	F/m	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{A}^2 \cdot \text{s}^4$	誘電率
ジーメンス	S	$\Omega^{-1} = \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$	コンダクタンス・アドミタンス・シオセプタンス
ジーメンス毎メートル	S/m	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^3 \cdot \text{A}^2$	電気伝導度
ウェーバ	Wb	$\text{V} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$	磁束
テスラ	T	$\text{Wb}/\text{m}^2 = \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$	磁束密度
アンペア毎メートル	A/m	$\text{m}^{-1} \cdot \text{A}$	磁界強度, 磁場(磁場の強さ)
アンペア毎ウェーバ	A/Wb	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{A}^2$	リラクタンス
ヘンリー	H	$\text{Wb}/\text{A} = \text{Vs}/\text{A} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$	インダクタンス
ヘンリー毎メートル	H/m	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$	透磁率
セルシウス度	$^{\circ}\text{C}$	K	熱力学温度 ($0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{K}$)

倍数	記号	読み方
10^{30}	Q	quetta クエタ
10^{27}	R	ronna ロナ
10^{24}	Y	yotta ヨタ
10^{21}	Z	zetta ゼタ
10^{18}	E	exa エクサ
10^{15}	P	peta ペタ
10^{12}	T	tera テラ
10^9	G	giga ギガ
10^6	M	mega メガ
10^3	k	kilo キロ
10^2	h	hecto ヘクト
10^1	da	deca デカ
1	-	-
10^{-1}	d	deci デシ
10^{-2}	c	centi センチ
10^{-3}	m	milli ミリ
10^{-6}	μ	micro マイクロ
10^{-9}	n	nano ナノ
10^{-12}	p	pico ピコ
10^{-15}	f	femto フェムト
10^{-18}	a	atto アト
10^{-21}	z	zepto ゼプト
10^{-24}	y	yocto ヨクト
10^{-27}	r	ronto ロント
10^{-30}	q	quecto クエクト



回路・部品
シリアル通信
コネクタ関係
単位・値
電波・無線
あれこれ

電池&バッテリー

1 電池の分類

竹村 達哉

● 電力を発生する原理による分類

電池とは、「それを構成する系の化学的、物理的あるいは生物化学的変化によって生ずるエネルギーを直接電気に変換する装置」と定義されます。ここで「直接」というのがたいせつで、火力発電は発電機を介しているので電池とは言いません。

一般的に電池と言えば、化学変化を利用する化学電池のことで(図1)。これ以外は一括して特殊電池と呼ばれたり、あるいはそれぞれ物理電池、生物電池と呼ばれたりして区分されています。

▶物理電池

物理電池には太陽光エネルギーを利用する太陽電池、原子力あるいは放射線エネルギーを利用する原子力電池、熱エネルギーを利用する熱起電力電池(熱電変換型電池)などがあります。

▶化学電池

化学電池は電池の中で化学反応を行わせ、直接電気エネルギーに変換する装置で、正極と負極、電解液からなり、これを電池の3要素と言います。化学電池のうち、一度使いきった後で外部から電気エネルギーを与えても(これを充電と言う)元に戻らないものを、あるいはそのように設計製造されていないものを1次電池と言い、元に戻るものを2次電池(別名蓄電池、充電式電池)と言います。

燃料電池は、水素や酸素などを外部から供給して装置内で化学反応を起こさせて電気エネルギーを得るものです。

● 形状による分類

形状から見ると、円筒形電池、角形電池、積層電池、ボタン形電池(コイン形電池)、ピン形電池、ペーパー形電池、パック電池などに分類できます。

▶円筒形

円筒形電池はもっとも一般的なものであり、R20(単1)、R14(単2)、R6(単3)、R03(単4)、R1(単5)などがあります(表1、写真1)。

▶積層形

複数の電池を組み合わせた積層電池は、一時は数十種もありましたが、現在では9V形の6P型(6F22、6LF22など)くらいとなりました。

▶ボタン形・コイン形

ボタン形電池は直径よりも高さが小さい扁平形電池のことであり、酸化銀電池(写真2)やアルカリ・ボタン電池、空気電池がボタン形電池と呼ばれています。腕時計の小型薄型化に伴い酸化銀電池も小型薄型化され、現在では20種類以上のものがあります。なお、慣例的に直径よりも高さが小さいリチウム電池をコイン電池と呼びます。

表1 円筒形電池の呼称に使われる英字と寸法

IEC, JIS	日本の呼び方	米国の呼び方	寸法(直径×高さ) [mm]
R20(LR20)	単1形	D	34.2×61.5
R14(LR14)	単2形	C	26.2×50.0
R6(LR6)	単3形	AA	14.5×50.5
R03(LR03)	単4形	AAA	10.5×44.5
R1(LR1)	単5形	N	12.0×30.2

注:()内はアルカリ乾電池

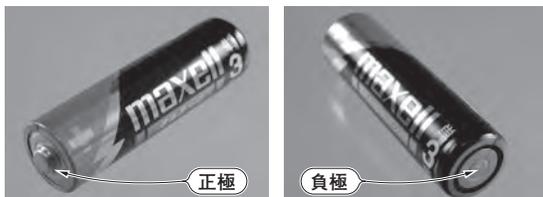
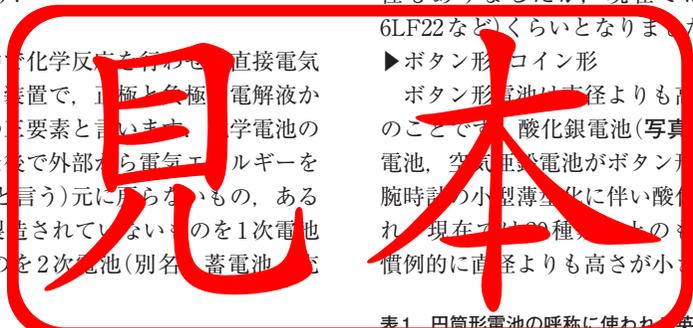


写真1 アルカリ乾電池(単3形)

GPS

2018年11月1日、日本版GPS「みちびき」を使った準天頂衛星システム(QZSS: Quasi Zenith Satellite System)が正式に運用を開始しました。

QZSSでは次のような各種サービスが提供されます。

- GPS補完サービス
- サブメータ級測位補強サービス
- センチメータ級測位補強サービス
- 測位技術実証サービス
- 災害・危機管理通報サービス「災危通報」
- 衛星安否確認サービス「Q-ANPI」
- SBAS配信サービス
- 公共専用サービス

1 各国が保有する衛星測位システムと利用している周波数

浪江 宏宗

衛星測位と言えば米国のGPS(Global Positioning System: 全地球測位システム)が有名ですが、世界中を見渡すと図1に示すように数種類の衛星測位システムが存在します。

ロシアのGLONASS(グロナス: GLObal NAVigation Satellite System), 欧州のGALILEO(ガリレオ), 中

国の北斗(BeiDou: ベイドゥ), インドのNAVIC (IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System), そして日本の準天頂衛星システム(QZSS: Quasi Zenith Satellite System)です。

これらの総称をGNSS(Global Navigation Satellite System: 全地球航法衛星システム)と呼んでいます。

衛星システム名	周波数帯[MHz]/信号名称				
	1176.45	1227.60	1278.75	1575.12	2492.08
米国 GPS(Global Positioning System)	L5	L2C		L1C/A	
日本 QZSS(Quasi Zenith Satellite System)	L5	L2C	L6(LEX)	L1C, L1C/A	S
ロシア GLONASS(グロナス: GLObal NAVigation Satellite System)		L3	G2C	G1C/A	
中国北斗 BeiDou(ベイドゥ)	L5 B2			B1	
欧州 GALILEO(ガリレオ)	E5a E5b		E6	E1	
インド NAVIC(IRNSS: Indian Regional Navigation Satellite System)	L5				S

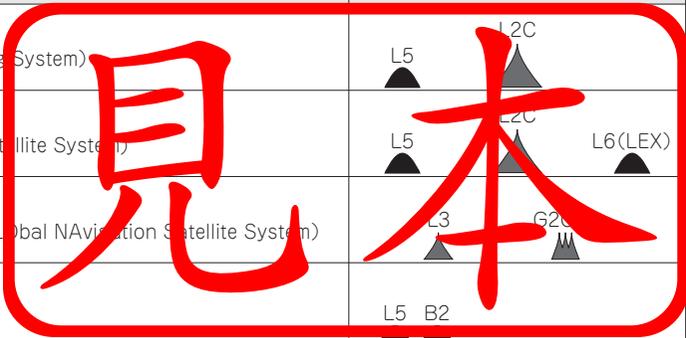


図1 各国が保有する全地球航法衛星システム(GNSS)が利用している信号と周波数
(注)図は内閣府 宇宙開発戦略推進事務局「みちびき Web サイト(<https://qzss.go.jp/>)」を元にCQ出版が作成

このPDFは、CQ出版社発売の「トランジスタ技術SPECIAL No.162」の一部見本です。
内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/MSP/MSP202304.html>

購入方法 <https://www.cqpub.co.jp/order.htm>

CQ出版社

見本