

ゲームで
計算機幾何を
つく^る

論理回路と
2進数の
使い方

4年
吉田裕紀

目次

ページ

- 1 はじめに
- 1 マイクラフトのようかい
- 2 レッドストーンの説明
- 3 目的 方法 内容
- 4 論理回路について
- 9 2進数について
- 10 カルキュレーターについて
- 12 7つくらいと思った全たいい図
- 13 2けたいじょうの計算の方法
- 14 マイクラフトで7つてみた写真
- 17 論理回路でひき算のやりかた
- 19 結果 おおりに
- 20 さんこうしりょう
- 21 ~ ぶろく

はじめに

ぼくは、マインクラフトというゲームが好きです。

そのゲームは、どう系(ゲームではレッドストーンと言われている)とスイッチとブロックでものを作るゲームです。前はブロックを使って建物を作っていました。

レッドストーンをつかえるようになってからは、自動ドアを作ってみました。そのほかにはエレベーターやエスカレーター、トイレのベト器の中の水を入れかえるそうち、センプ、パスワードを使った金庫、電光表示板を作りました。

電光表示板を作ってみたら、パソコンのようなものを作ってみたくなくなりました。その中でも言十算機幾を作ってみたくなくなりました。

マインクラフトの(う)がい (1-4)

マインクラフトの世界は色々なブロックでできていて、

そのブロックをくみあわせて建物をたてたい、そのブロックを材料にしてあたらしいブロックを作ることができる。

マインクラフトの世界には、村人や動物もいて、暗くなるとたてえは、どうくつの中や夜になると、モンスターをたたかうこともできる。ブロックを使ったそうちをつくることでモンスターをつかまえたりもできる。ブロックのたいひむよう的なものとして

○土

○石

○水

○レッドストーンの3、2、1

そのほか数々百種類のブロックがあります。

レッドストーンの説明⑤

レッドストーン錠石からつくることのできるレッドストーンパワードは信号を伝えることのできる。

信号を発生させて回路に信号を入力することのできる主な回路として

- レッドストーンブロック 常に信号を出す
 - レッドストーントーチ トーチが光っているときは出力する
 - レバー 信号のON, OFFを切りかえる
 - 石のボタン 一人だけ出力する
 - 日照センサー 明るくなると信号を出す
- がある

回路各からの信号が伝わったときに反応する主な出力モジュールとして

- ドア 信号のON, OFFで開閉する
 - ピストン 信号がON, OFFで伸び縮みする
 - ホッパー 信号がOFFになるとアイテムを下に落とす
 - レッドストーンランプ 信号がONになると光る
- がある

これらのレッドストーンのアイテムをイマージュすることによって自動ドアをつくれたり、ピストンを使ってエレベーターやエスカレーターを自動的に動かすことができるようになっていいる。

目的

ゲー4(マイクログラフトWi (L片版)で「計算機」を作る

方法

1) マイクログラフトを使う

2) 論理回路について詳しいに教えてもらう

3) 論理回路を本で「調べる」 (5-13)

内容

3つの方法で「調べる」た3つのことを知ることが必要である

1) 回路の種類

2) 計算機に伴う回路

3) 二進数

電光掲示板を作るときに本⁵⁾をみて
論理回路が必要なの分かりました。⁶⁾

論理回路は

よくわからなかったのので、詳しい人(お父さん)に教えてもら
いました。

- 計算機⁶⁾に作る回路は、ANDゲート(資料P55)
NOTゲート(資料P51)
XORゲート(資料P56)
ORゲート(資料P52)

お父さんに話しを聞いていたうちは、じっくり教えてもらった2進教
を身につける必要です。二進数は、資料⁷⁾に書いてありました

論理回路について⁶⁾

右には、赤石先生の
本⁸⁾で勉強
しました。
いままでのは、
シンプルな回路を
使っていました。
論理回路を使うと
いろいろなことが
できるとおもいました。

信号の流れを理解しながら「論理回路」を組み立てることで、自分がつくりたい装置をうまく動かせるようになる。少し複雑なので、順を追って説明しよう。
論理回路は装置づくりの「秘密道具」!

シンプルな回路
シンプルなレッドストーン回路は、レバーなどの入力装置からパウダーを通して信号を伝え、ランプなどの出力装置にオンの信号を入れるという仕組みだ。



入力(レバー) 出力(ランプ)
パウダー

普通にランプがつくだけ

論理回路
論理回路を組み立てば、特定の条件で動く回路や、くり返し動く回路、状態を記憶する回路などさまざまな特徴のある回路をつくれる。信号の伝わり方を操作してランプを点滅させたり、ピストンのアームを伸び縮みさせる順番をコントロールしたりできる。



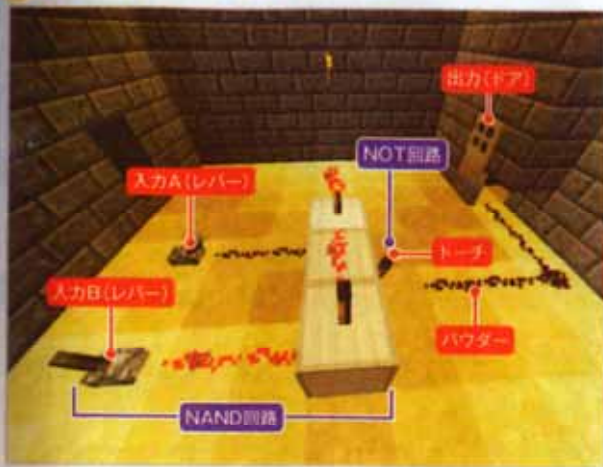
クロック回路 (60ページ)

ランプが点滅する

AND回路

すべてがオン→オン

すべてのスイッチが入っているときオンになる!



NAND回路の先にNOT回路をつけたら「AND回路」ができあがる。NAND回路の流れがわかっているならば、AND回路はカンタンだ。すべての入力が入っているときだけオンになり、1つでもオフならオフになる。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オフ	オフ	オフ
オン	オフ	オフ
オフ	オン	オフ
オン	オン	オン

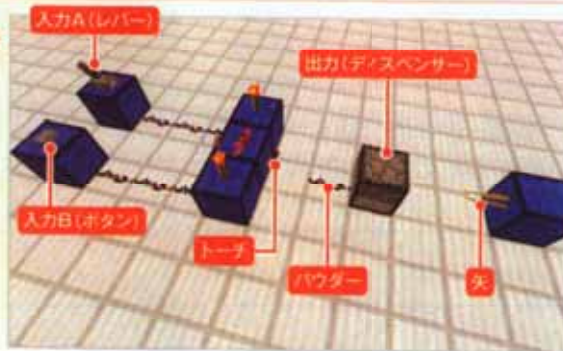
• ANDゲートはいろいろの回路を使うにやが分かりました

• 入力のONとOFFで結果がかわると思いました。

AND回路を使えば

回路に安全装置をつけられる

ディスペンサーにオンの信号を入れて矢を発射する装置だ。入力Bのボタンが発射スイッチ。入力Aのレバーが安全装置だ。レバーを押していないと、ボタンを押しても矢は発射されない。



NOT回路

オフの信号→オンの信号

回路のポイントはトーチ!



入力した信号が反転する!

「NOT回路」とは、入力がオンのときに出力がオフ、オフのときにオンになる回路。レッドストーントーチの反転の特性を利用する。

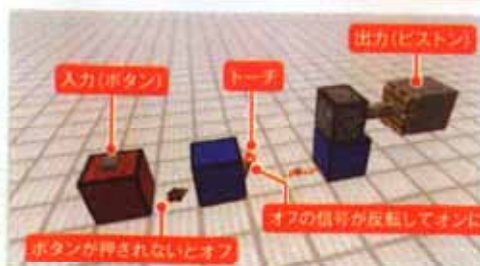
入力と結果	
入力	結果
オン	オフ
オフ	オン

• NOTゲートはANDゲートとちがって入力が1つでいいのが分かりました。

NOT回路を使えば

つね作動している装置を一瞬止める

右の回路ではトーチで信号が反転されてオンになり、つねにピストンが伸びている。入力装置にボタンを使えば「ボタンを押してピストンを縮め、自動でまた伸びず」という動きをつくれる。



XOR回路 2つのうち1つだけがオン→オン



コンパレーターの減算モードで2つの入力装置を管理する!

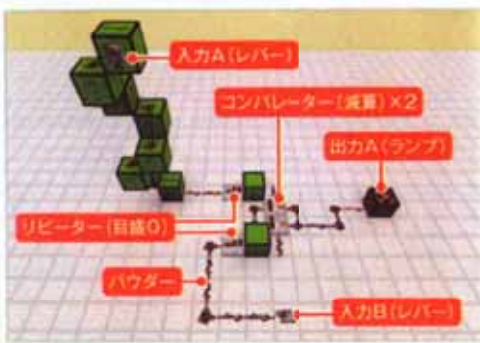
コンパレーターを2つ利用する「XOR回路」は、入力装置のどちらか1つがオンの状態のときに、オンの結果が出る。2つの入力装置で1つの出力装置を管理しているイメージだ。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オン	オン	オフ
オン	オフ	オン
オフ	オン	オン
オフ	オフ	オフ

回路のポイントは
コンパレーター2つ!

XOR回路を使えば
1階でつけた明かりを
2階で消せる

右のようなXOR回路を使えば、違う場所にある2つの入力装置で1つの出力装置をオン・オフできる。ブロックとリピーターを追加しているが、つなげ方は同じ。これは家庭の階段でよく使われる回路。階段の下と階段の上で点灯・消灯ができるのは、この回路のおかげだ。



• コンパレーターは、ブロックのアイテムの一つです。

• いままでいろんなものを作りましたが、この回路は使ったことはありません。

• この回路をお父さんに教えました。ONが1、OFFが0と考えて、数字を2進数にするのがベトリなことが分かりました。

OR回路 どれか1つがオン→オン



どれか1つのスイッチが入ればオンになる!

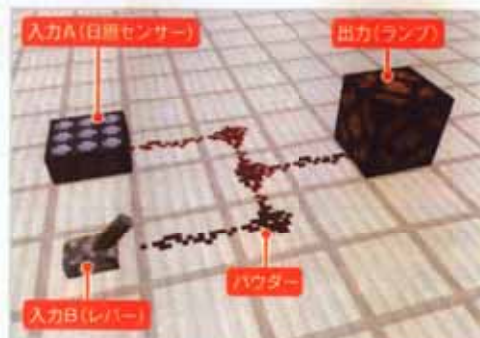
「OR回路」は、2つ以上ある入力装置のうち、どれか1つから入力があれば、出力がオンになるという回路。これは、レッドストーンの「オン優先の法則」によるものだ。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オフ	オフ	オフ
オン	オフ	オン
オフ	オン	オン
オン	オン	オン

回路のポイントは
入力が並列に並ぶこと!

OR回路を使えば
日照センサーとレバーの
両方で点灯できる

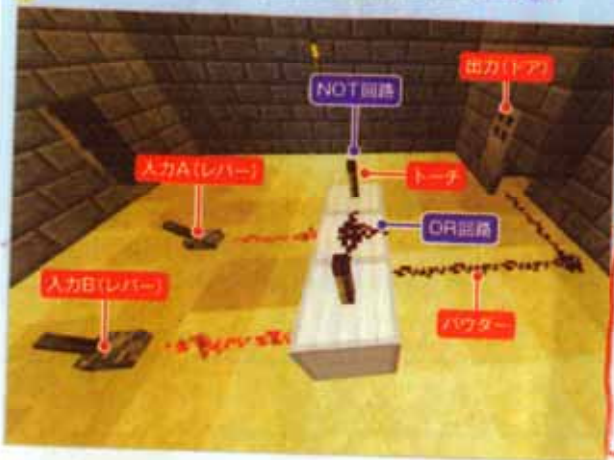
OR回路を使えば、複数の入力装置を使って信号のオン・オフをコントロールできる。右のレッドストーンランプは、レバーからの入力も、日照センサーからの入力にも反応する。回路に分岐をつくるだけなので、送ることはない。



• ORゲートはいままで使ったことがありません。部屋の電気を消した。

NAND回路 すべてがオン→オフ

すべてのスイッチが入ったときだけオフになる!



2つ以上のNOT回路をOR回路でつなげれば、それが「NAND回路」になる。すべての入力がオンのときだけオフになり、ほかのすべての場合はつねに結果(出力側)がオンの状態になっている。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オフ	オフ	オン
オン	オフ	オン
オフ	オン	オン
オン	オン	オフ

この回路はよくあからな
か、たけとよく読んで
みたらNOTゲートと
2ついじょうつなげ
るとつくれると
思った。

こんな形もあるよ!

コンパクトにまとめた NAND回路

入力Aの信号は直進してブロックに入り、トーチで反転。入力Bの信号はブロックから右折してトーチで反転、2つのトーチをパワーでまとめればコンパクトに2つのNOT回路が重複しないようにパリアブロック(164ページ)を使っている。

こんな形もあるよ!

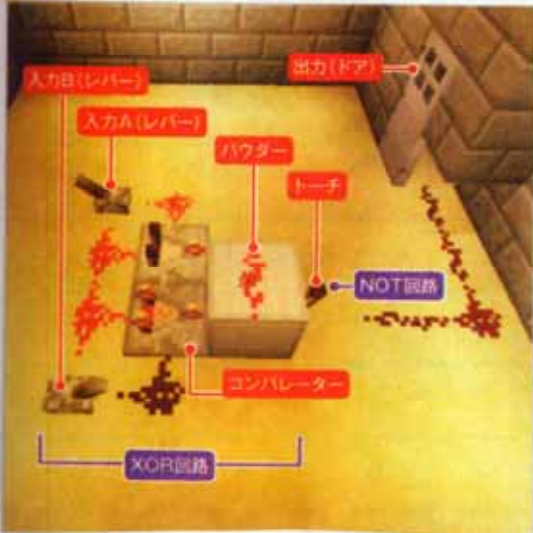
3つ以上の入力装置を使った NAND回路

入力装置を3つにするときは、合流点にブロックを4つ置き、それぞれトーチを1本ずつ上に立てればOK。3つのトーチが信号を反転させてから1つにまとまり、出力装置に向かう。3つのレバーをすべてオンにしなければ、出力装置(レッドストーンランプ)がオフにならない。

そのほかにも回路があります

XNOR回路 2つの信号が同じ→オン

どちらの入力も同じ場合のみオンになる!



XOR回路にNOT回路をつければ、「XNOR回路」になる。これはNAND回路とAND回路の関係と同じだ。XOR回路では、両方の入力と同じならオフになるが、このXNOR回路では、両方の入力違う場合はオフになる。2つの入力装置で1つの出力装置を管理している点はまったく同じだ。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オン	オン	オン
オン	オフ	オフ
オフ	オン	オフ
オフ	オフ	オン

NOR回路 すべてがオフ→オン

回路の流れは OR→NOTとなる!



入力がすべてオフになると出力がオンになる!

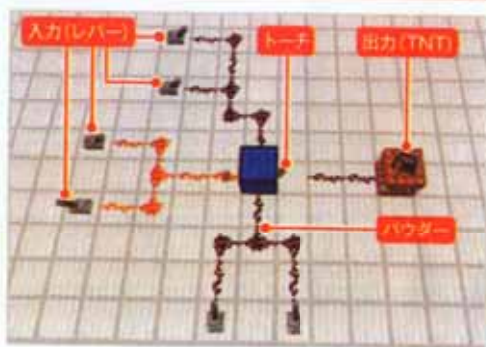
「NOR回路」とは、NOT「OR」のことで、左のようにOR回路の先にNOT回路がついたもの。下の入力と結果の表のように、結果はOR回路とまったく逆の形になる。

入力と結果		
入力A	入力B	結果
オフ	オフ	オン
オン	オフ	オフ
オフ	オン	オフ
オン	オン	オフ

NOR回路を
使えば

緊急停止スイッチを
いろいろな所に置く

NOR回路はOR回路と同じように、「つねに作動している装置を停止させる」という使い方ができる。たとえば、「緊急停止スイッチ」を複数配置したいときなどはとても便利。OR回路と同じように入力装置の数は無制限なので、好きなポイントに自由に置く。



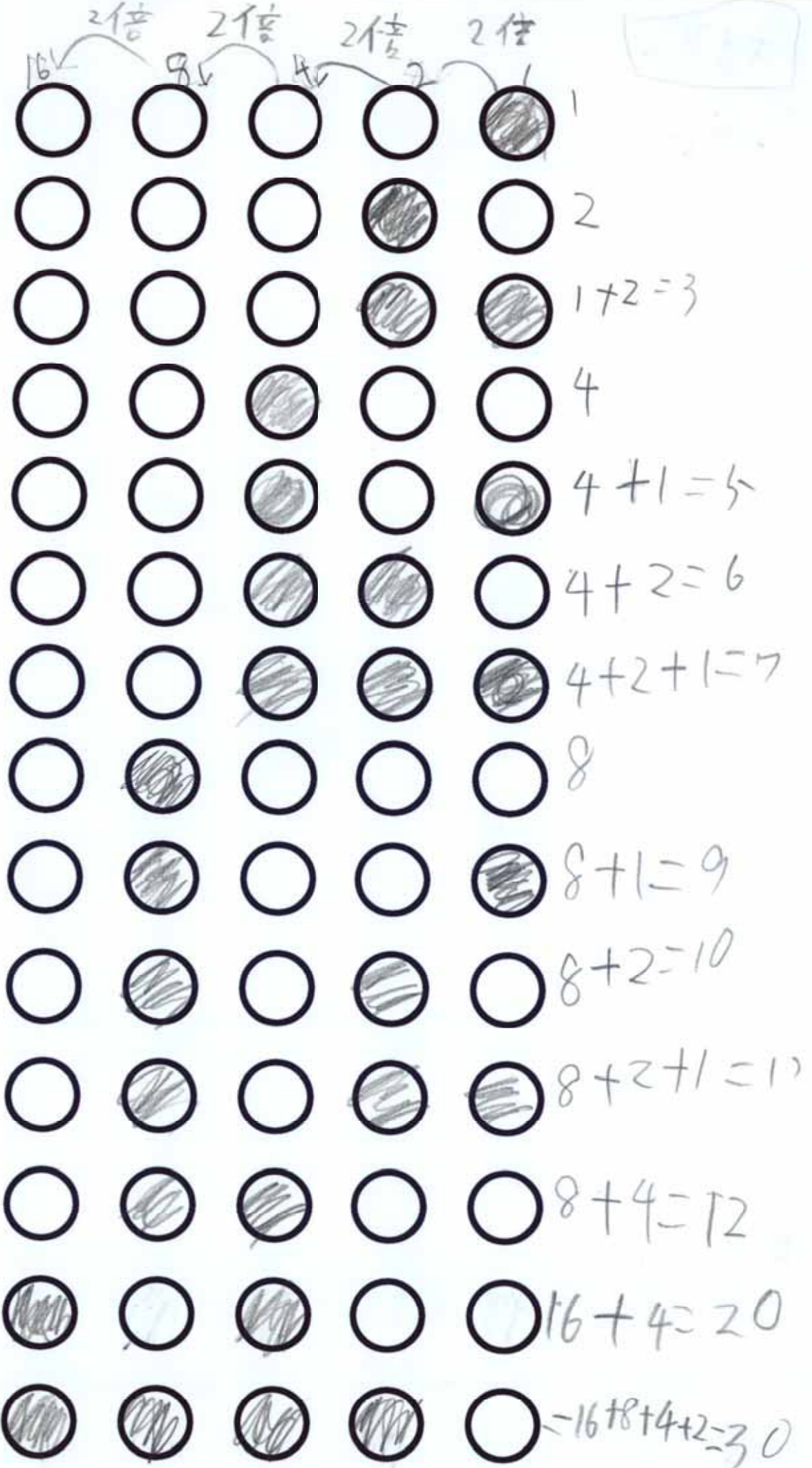
次のページで、
びくの本Vを
おたがら、
2進数をきりぬました。

●がONです
○がOFFです。

2進数
に7117...

2進数は、
けたが
2倍ずつ
ふえよ。

3.730
数字を
2進数に
かえした。



加算器について

お父さんから加算器が必要と教わりました

1) 半加算器

図1

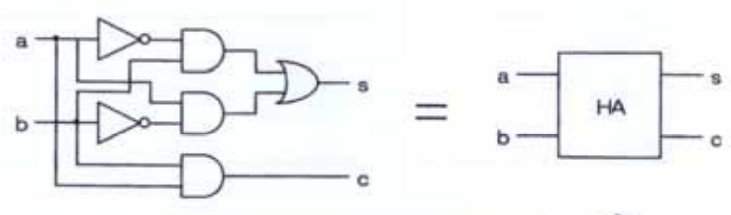


図 6.3 半加算器の論理回路とシンボル図

- : ANDゲート
- D: ORゲート
- ∩: NOTゲート

・記号は論理回路を説明するときに使います。

図2



半加算器にXORゲートを使うととても簡単になります。

∩∩: XORゲート

半加算器の

長所...ゲートでつくってみたら計算が速いと思いました

短所...くりあがりの計算ができない

2) 全加算器

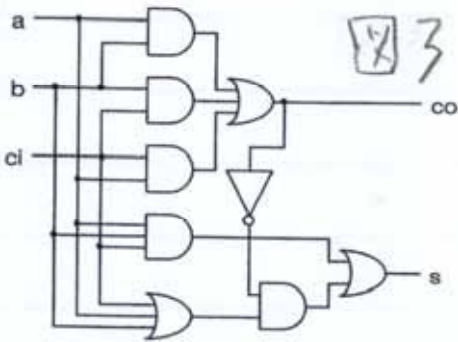


図 6.13 うまい方法を用いた全加算回路 10)

• この回路をゲ-4で作りました。

• ANDゲ-ト

• ORゲ-ト

• NOTゲ-ト

を使っています

• 計算が早いと思いました。

図4

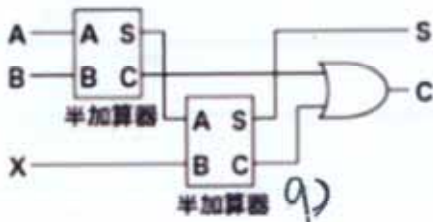


図4 ()

半加算器を2つつなげて、つた
全加算器です

• 長所...小さくできる。

• 短所...ゲ-4で作り、てみたり

図3の全加算器より
図2と図4を組みあ
せれば、はやくた。

半加算器ではくりあがりかできないけど
全加算器ではくりあがりかできる
ことがいいところです。

つくろうと思った金たの国

論理回路を使ってこつた計算機をつくられた

$0 + \Delta = \Delta$
の場合

表示板に数字が光る

10進数 → 10進数

ゲームでは
さく大きく
なってしまうので
小さくした
りあかりを
つけておいた

たし算

ひき算

\oplus \ominus

ピストンで分ける

メモリ A
メモリ B

\oplus \ominus を分ける

ピストンが
自動的に動く

ピストンは上下
左右に動か
すことができます
いままでアを
つらたこしか
あります

メモリの数は自由
① たくま
→ たくまに
② たくま
→ ゲームの金かき
悪くなる

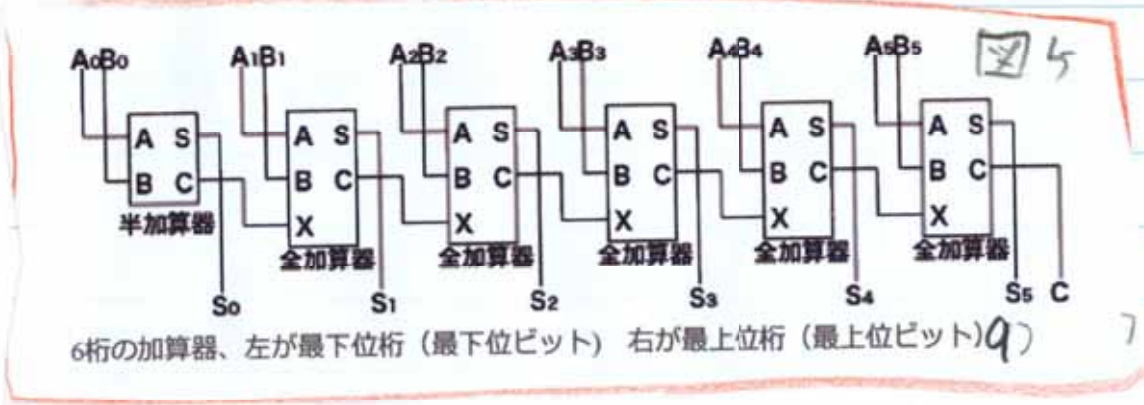
10進数 → 10進数

×カ

0ボタン Δボタン
10進数で入力する 12

2けた11進の計算の方法

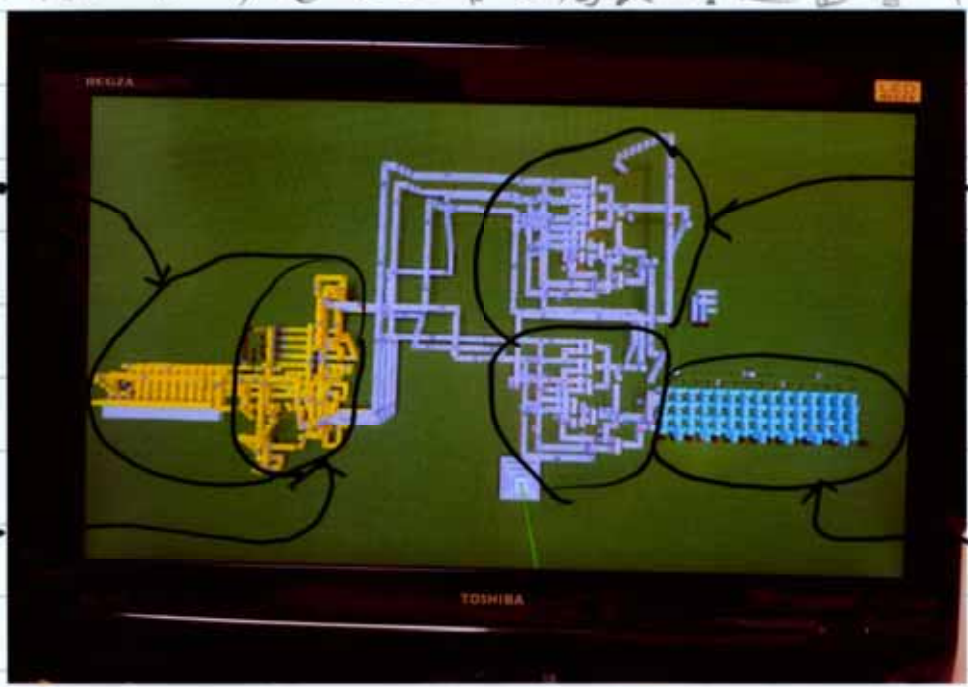
加算器についての説明では1けたの計算しかできない
 2けた11進の計算をするには、全加算器を必要な数分
 つなげれば計算ができる



・図5は、6けたた「17」と「6」は、4けたにしました。

つくらうと思った計算のたし算の部分をつまみクラフトで
つくってみた。くふうして自分で考えた回路です。

入力端子



全加算器を
2たんで
4つつくり
ました

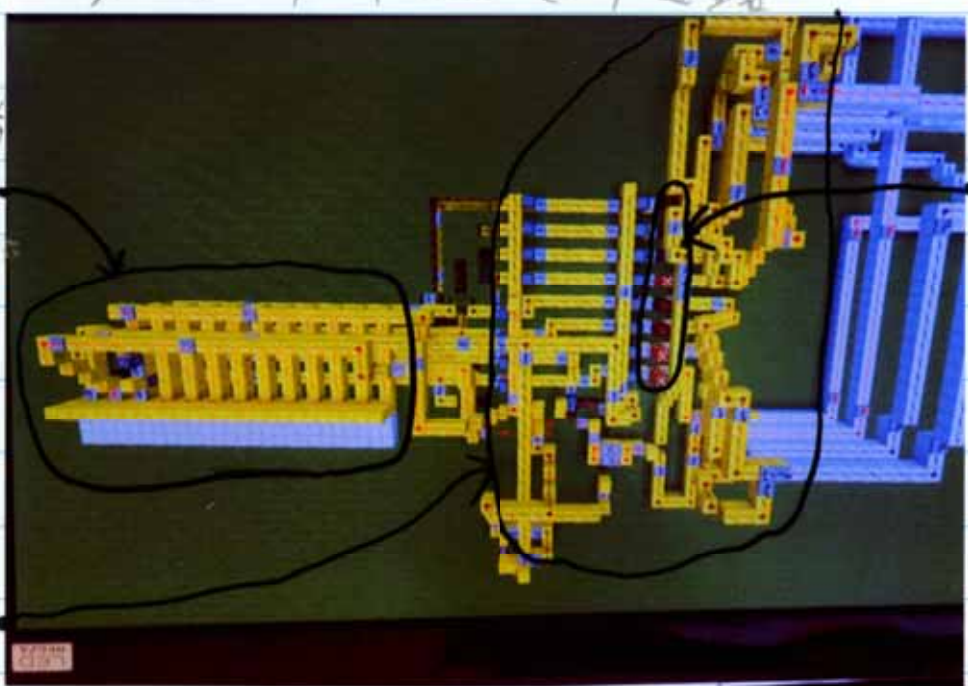
メモリ
回路

出力端子

線みただけに見えるけどブロックでできていて
まぶ。

• 入力端子とメモリ回路

10進数を
2進数
にかえる

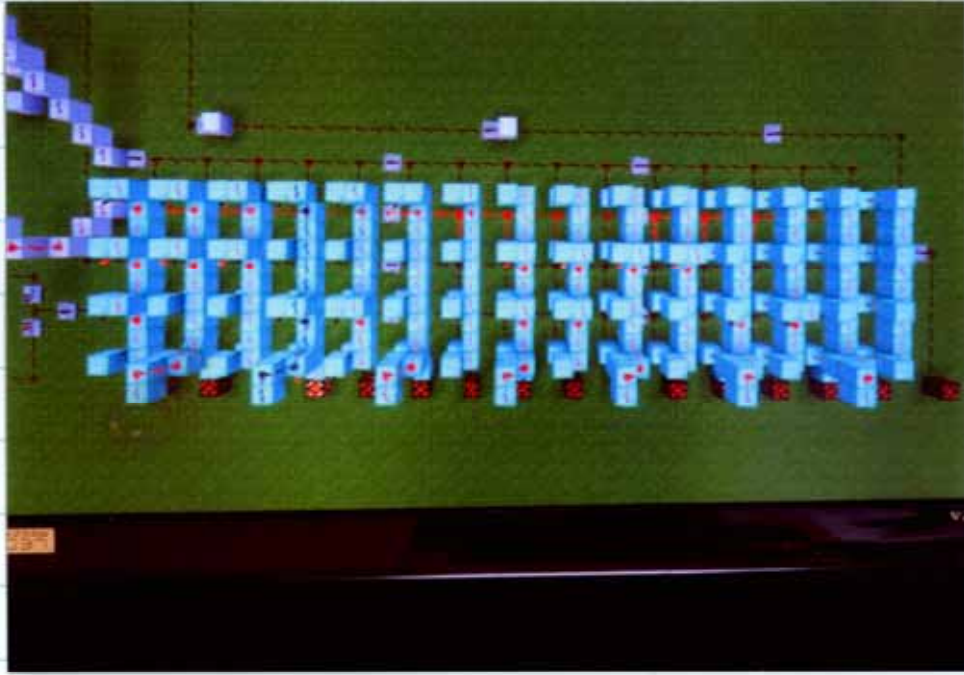


光っている
ところが
記憶している

メモリ
回路

出力そらち

10進数で答えかてる



こたえかてたところ

光ったところがこたえ



横からみたところ



2段階にしたけどまだ大きい↑



XORゲートを
使ったのがすごく小さ
かった。

せいかくにけいさん
できることが
分かった。

論理回路でひき算のやりかた(11)

しるべの本には、ひき算のやり方はかいてあいて
せんでしたせんせいのお父さんに聞きました。

それならたし算をくふうすることひき算をする方法を教えて
もらいました。

2の補数という数字をつかうことでたし算でひき算をする
方法を教えてもらいました。

2進数を使って2の補数の作りかたは2進数の各けたのON、
OFFをきかてんさするそれか1をたす⁽¹⁾

たとえば3-1の場合2進数では
0011-0001とたす。

0001の2の補数をつくと

各けたの0と1をきかてんさして1110となる

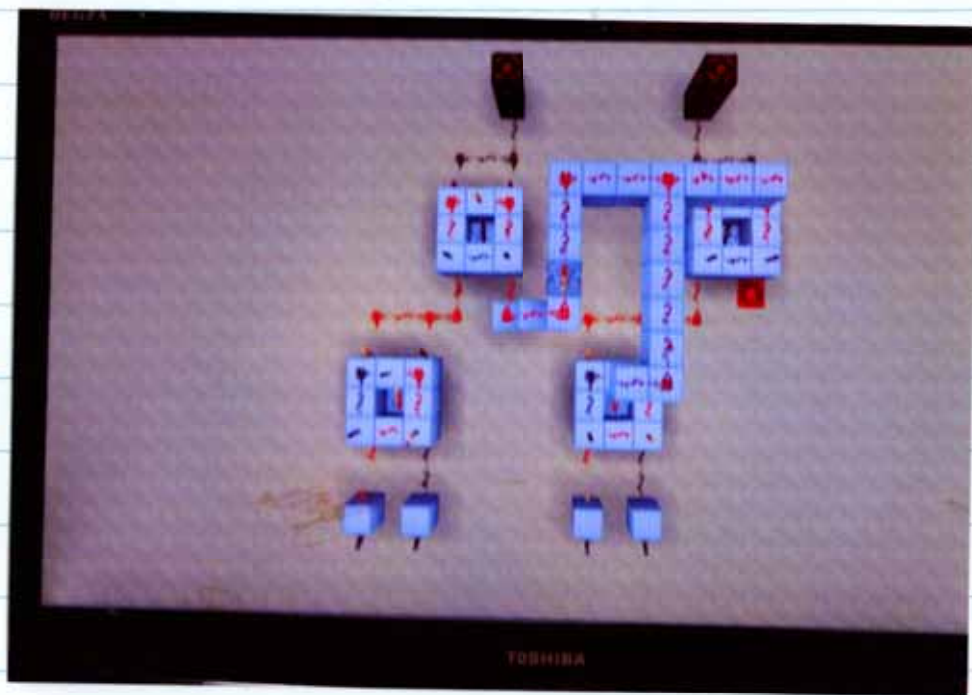
1をたして1111が2の補数となるため

0011+1111を行うと

結果は0010となる答えは2

ここで5けた目は考えないでよい

この方法を使ってひき算回路をつくってみた



この回路各で2けたの2進数のひき算ができることがかくん
できた

この回路をつかうことで「計算機」の全たい回にかいたひき算
のところにつけおえることをつくらうと思った全たい回「計算機」
が完成することがわかりました

結果

マインクラフトの世界でたし算の計算機をつくることか
できた。ひきざんでできることがあった。こんがいつくたし算機は
すごく大きくなったけどORゲートをつかって工夫して小さくした。

おわりに

自分はがんばったと思います。おもしろい言語もいろいろ
ゲームばかりしているとお母さんはおこっていたけれど
マインクラフトで計算機を考案したらすごくほめられた。
じつで2進数をなるときは、なににフカウカ分からなかった
けど計算機を作るのにやったのが分かった
マインクラフトでコンピューターをつくれそうだと思いました。

さいごにたくさんおしえてくれたお父さんありがとうございました。

引用参考文献	著者	本のタイトル	ページ	発行した年	出版社
1)	Project KK	ゼロから始めるマイクラフト 完全攻略		2015年	ソシム株式会社
2)	Project KK	マイクラフト 建築&インテリア 完全ガイド		2017年	ソシム株式会社
3)	カゲキヨ、ドウメキ、狩野文孝、町田大士	マイクラフト レッドストーン&建築 究極攻略		2016年	株式会社英和出版社
4)	編集 カゲキヨ、狩野文孝	マイクラフト レッドストーン建築 完全設計ガイド		2016年	株式会社扶桑社
5)	監修 赤石先生	マイクラフト レッドストーン 完全ガイド	13-46	2016年	株式会社学研プラス
6)	監修 赤石先生	マイクラフト レッドストーン 完全ガイド	47-57, 68		
7)	日能研	算数 3年 前期 上	128-140	2016年	
8)	秋田純一	ゼロから学ぶ デジタル理論回路	173	2015年	株式会社 講談社
9)	https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8A%A0%E7%AE%97%E5%99%A8 ウェキペディア 加算器			2017年8月14日 閲覧	
10)	秋田純一	ゼロから学ぶ デジタル理論回路	177	2015年	株式会社 講談社
11)	https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A3%9C%E6%95%B0 ウェキペディア 補数			2017年8月14日 閲覧	
12)	渡波郁	CPUの創りかた 初歩のデジタル回路 動作の基本原理と製作	61-67	2016年	株式会社 マイナビ出版
13)	渡波郁	CPUの創りかた 初歩のデジタル回路 動作の基本原理と製作	197-199	2016年	株式会社 マイナビ出版

第8回

ゆび 指でかぞえよう (2進法)

自分自身で考える

いち、にい、さん、…など
のような数のよび名が決まっ
ていないころから、数は生活
にひつようでした。羊番が羊
をかぞえるために、羊を小石
にたいおうさせたり、ひもの
むすび目にたいおうさせたり

私の持っている羊の毛皮
「右親指」と君のところ…



していましたが、いつのころからか、上のように、体の各部
にたいおうさせたりすることも行われたようです。

今回は指を使った数の表し方を考えてみましょう。

① 指でかぞえる

昔の人は「私の持っている羊の毛皮『右親指』と、君の
ところで取れた鮭『左耳』とを交かんしてくれないか」な
どと言ったのかもしれませんが。

「小石」、「ひものむすび目」、「体のいろいろな部分」で数
を表すとき、どのようなべんりな点やふべんな点があるで
しょうか。あなたの考えを書きましょう。

第8回 指でかぞえよう

指で1、2、3、…と数を表すとき、あなたはどのようにしていますか。

指でかぞえるというのも各国でちがいがあるようです。

フランスの場合、ゼロがグーから始まり、「1」を表すためには親指を立てます。次に、2(人差し指)、3(中指)、…と立てます。そしてさい後の「5」とかぞえるときは小指を開いてパーになります。

このように、指で数を表す表し方はいろいろあります。

そこで、あなたも指で数を表す新しい方法を自由に考えてみましょう。どんな方法があるでしょう。



o|o|o|o



l|o|o|l



l|o|o|l|o

















上の絵を
かんたんに
表したもの

指の絵を上のような記号きごうを使ってかんたんに表してもよいでしょう。

















自分自身で考える

② ^{ゆび}指で数^{あらわ}を表す

ここでは、かた方の手でどれだけの数が表せるかを調^{しら}べてみましょう。絵がぬけているところがあります。ほかの絵をさんこうにして、ぬけている絵をかいてみましょう。

0 	1 	2 	3 
4 	5 	6 	7 
8 	9 	10 	11 
12 	13 	14 	15 

0をふくめると、5本の指で、32通りの数^{あらわ}を表すことができます。

16 16 	17 16 	18 16 2 	19 16 2 
20 16 4 	21 	22 16 4 2 	23 16 4 2 
24 16 8 	25 16 8 	26 16 8 2 	27 16 8 2 
28 	29 16 8 4 	30 16 8 4 2 	31 16 8 4 2 

自分自身で考える

③ 数の暗号^{あんごう}

指^{ゆび}の絵をかくかわりに、0と1を使った暗号で数^{あらい}を表してみましよう。おった指を0、のばした指を1で表してみましよう。

0	00000	1	00001	2	00010	3	00011
4	00100	5	00101	6	00110	7	00111
8	01000	9	01001	10	01010	11	01011
12	01100	13	01101	14	01110	15	01111
16	10000	17	10001	18	10010	19	10011
20	10100	21	10101	22	10110	23	10111
24	11000	25	11001	26	11010	27	11011
28	11100	29	11101	30	11110	31	11111

次に、この暗号を使って表した数でたし算をしてみま
しょう。答えも暗号で書いてみましょう。

$$00001 + 00101 = \boxed{00110}$$

$$00100 + 00011 = \boxed{00111}$$

数の暗号を使って表した数で、たし算の式をつくってみ
ましょう。その式の答えも書きましょう。

同じように、ひき算の式もつくってみましょう。その式
の答えも書きましょう。

第8回

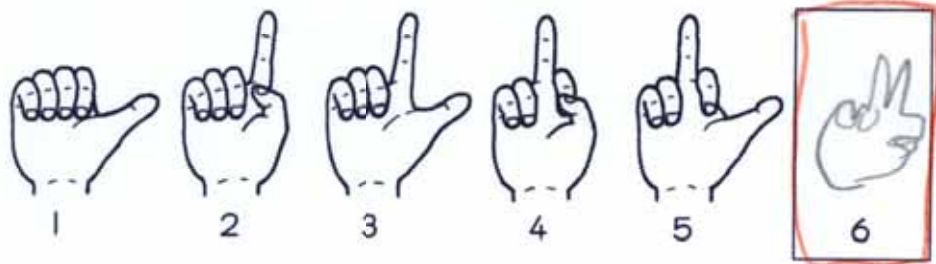
ゆび 指でかぞえよう (2進法)

学んだことを使う

もっと考えてみよう

① ゆび 指でかぞえる

(1) 指をおったりのばしたりして数あらかを表してみようと思います。1、2、3、4、5を次のように表つぎすとすると、6はどのように表されますか。絵をかきましょう。



(2) (1)のとき、次の絵はどんな数を表しますか。

①



②

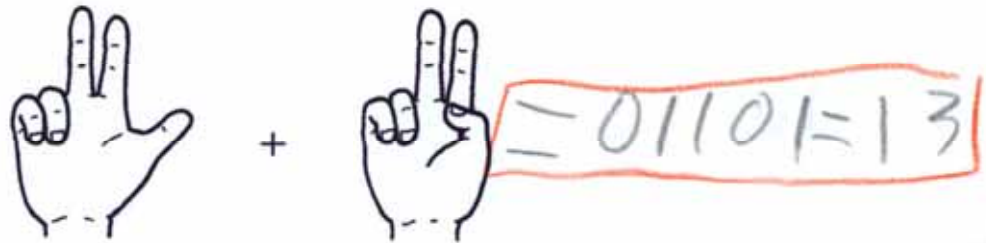


③

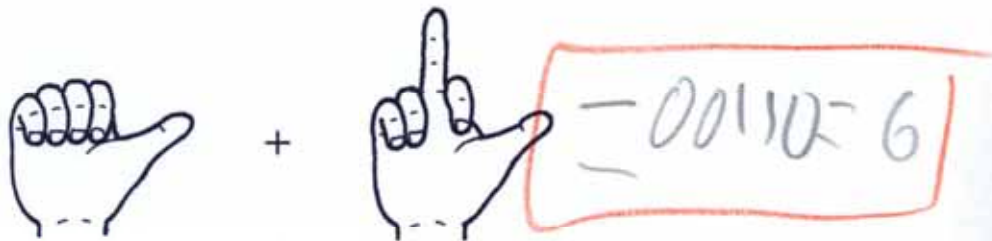


(3) 次の「指の図のたし算」をしましょう。答えは数字に
なおして書きましょう。

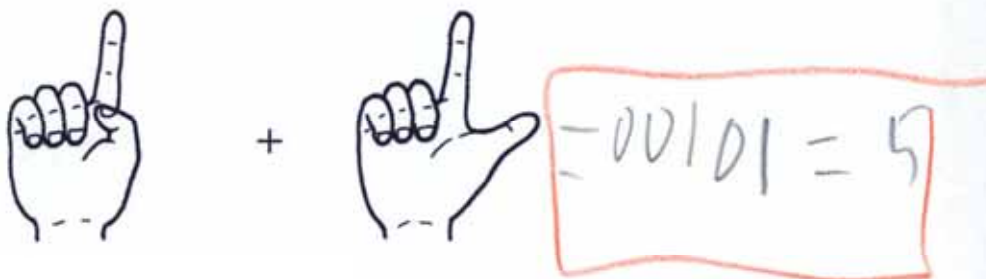
①



②



③



学んだことを使う

② 数の暗号^{あんごう}

指^{ゆび}の図をかくかわりに、おった指を0、のばした指を1^{つぎ}で表してみましょう。たとえば、1、2、3、4、5は次のように表せます。

1 00001 2 00010 3 00011
4 00100 5 00101

(1) 次の数の暗号で表された数を数字になおして表しましょう。

① 00011 = 3

② 00110 = 6

③ 01001 = 9

0や1の上に右から順に1、2、4、8、16と書いて1の上に書いた数を合計する。

16 8 4 2 1
01011 → 8+2+1=11

(2) 次の数の暗号で表された数のたし算の答えを、数字に
なおして表しましょう。

① $00011 + 00110 = 9$

② $01001 + 01010 = 19$

(3) 次の数の暗号で表された数のたし算の答えを、数の暗
号で表しましょう。

① $00011 + 00111 = 01010$

② $01001 + 00100 = 01101$

かえ ふり返しノート

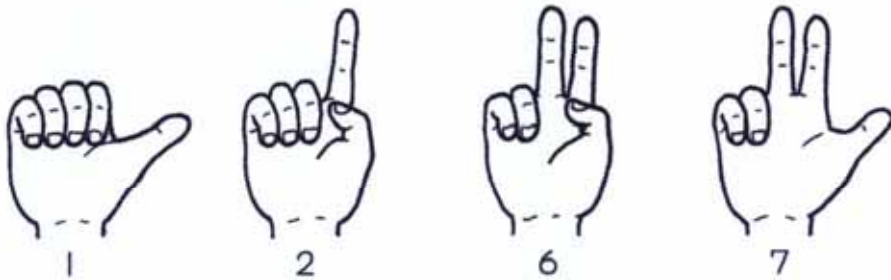
今週のポイント

今回学んだ、大切なことをまとめました。よく読んで、学んだことを思い出してから、次のページの問題に取り組みましょう。

- ・指をおったりのばしたりして数を表しました。
130ページの②を見てみましょう。この方法を使うと、かた方の手だけで0から31までの数を表せましたね。
- ・指の絵をかくかわりに、おった指を「0」、のばした指を「1」として数を表しました。
つまり、この方法では、2しゅるいの記号があれば数表せるのですね。

① 指でかぞえる

(1) 指をおったりのばしたりして数を表してみようと思います。1、2、6、7を次のように表すとすると、9はどのように表されますか。絵をかきましょう。



(2) 次の「指の図のたし算」をしましょう。答えは数字で書きましょう。

①



+



01000
= 8

②



+



01011
= 11