広島大学附属中・高等学校研究紀要
〈第48号　2001〉

教科「情報」の授業実践例
——情報のディジタル化——

河　野　芳　文

平成15年度より，普通教科「情報」が導入されるが，その背景には情報化社会に生きるために必要な技術や能力を身につけるとともに，情報モラルについて考え，正しく社会に参画することができることが不可欠との認識がある。そして，高等学校においてコンピュータや情報通信ネットワークの仕組みをある程度理解させ，これを活用できるような生徒を育成することが求められる。そこで，今回はコンピュータにおける演算のしくみとその論理回路の作成をテーマとした取り組みについて報告する。

1. は じ め に

新しい学習指導要領によれば，普通教科「情報」の目標は，「情報化の進展に主体的に対応できる能力と態度」を育てることであり，「情報活用の実践力」,「情報の科学的理解」,「情報社会に参画する態度」をバランスよく育てることである。

普通教科「情報」は必履修教科であり，「情報Ａ」,「情報Ｂ」,「情報Ｃ」からなるが，いずれの科目も上記の３能力を育てようとする点では共通しており，「情報Ａ」がコンピュータや情報通信ネットワークの仕組みを情報機器の発達の歴史と関連させて簡単に扱う点,「情報Ｂ」がコンピュータの仕組みに重点をおいて詳しく扱う点,「情報Ｃ」が情報通信ネットワークの仕組みに重点をおいてある程度詳しく扱う点において相違が見られる。

各学校がいずれの科目を取り入れるかは不明であるが，いずれの科目を取り入れるにしても，コンピュータを自由に使いこなす生徒からほとんど触れたことのない生徒まで，さまざまな生徒がいることは十分考えられる。

そのような状況下で「情報」の授業を行うのは容易ではないが，コンピュータがどのような仕組みでどのように計算するのかを知る者は余りいないであろうから，入力された２つの数の加法をコンピュータがどのように行うのか考えさせる取りくみを行うことにした。

このような課題は生徒にとっても身近であり，興味のある問題であると思われる。

こうした判断から，ディジタル化と２進法の話をした後でブール代数を導入し，２進法での計算を論理式で表せるよう指導する，その後，AND，OR，NOT回路について説明し，論理式で表された内容を回路図にまとめる練習をさせる。最後に，１けたの２進数同士のたし算のしくみとしての半加算器，下からのくり上がりのある１けたの２進数同士のたし算のしくみである全加算器を考えさせ，“たし算計算器”を作成させることにした。

2. 授 業 の 流 れ

今回の取り組みの流れを順を追って示すと次のようである。

①　オリエンテーション・Word・Excel の練習

これから後の約10時間で，コンピュータのたし算のしくみについて考え，整数同士のたし算の回路を作ることをめざした授業を行うことを説明するとともに，コンピュータを利用する上でのマナーについて説明し，Word，Excel の練習を行った。

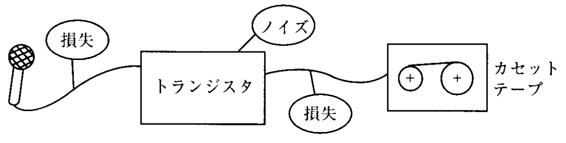
Word，Excel については，コンピュータを全く使ったことがない生徒が４名もいて，その使用能力の差の大きさを感じたが，Word による文書の作成，Excel による表計算，Excel で作成した表の Word 文書への貼りつけができることを目安にして，３時間の取りくみを行った。

②　ディジタル，アナログの違いと２進法

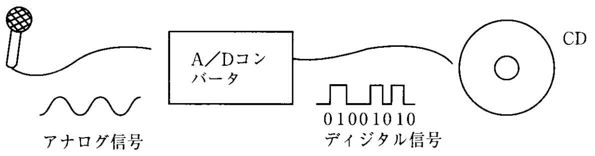
カセットテープ，CD をそれぞれアナログ，ディジタルの例に出し，

カセットテープは，音楽を比較的簡単な回路で自然な形に記録することができる。しかし，記録に際して，電気回路中を伝わる信号が，回路の電気抵抗やトランジスタのノイズなどにより影響を受けやす

Some Trials at Classes of Information Study in Senior High School
—— Digitalization of Information ——
Yoshifumi KOHNO

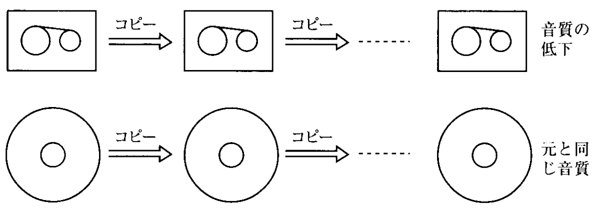


い。こうしたことが原因で，カセットテープでは，コピーをくり返すと音質が次第に低下していく。一方，CD はマイクからのアナログ電気信号を A/D コンバータ（アナログ信号をディジタル信号に直す回路）を通じてディジタル信号（0と1とから成る信号）に直して記録し，再生でもディジタル信号をアナログ信号に直す D/A コンバータを必要とするため，回路が複雑になりがちである。



しかも，アナログ信号がディジタル信号に変換されるとき，音のなめらかさが失われしまうことが考えられるが，これについては，ディジタル信号をもとのアナログ信号に復元できる理論があり，D/A コンバータを通して完全に再現できる。

ディジタル信号は，損失やノイズに強く，その情報はコピーをくり返しても元の状態とかわらないという利点がある。



コンピュータによる情報処理ではディジタル信号が使われており，信号は0と1の2通りしかない。電圧がない状態が0，電圧がある状態が1であるが，コンピュータはこの2つの信号を使ってどのように計算するのであろうか。

我々が日常用いている数の表現法は10進法とよばれるもので，各位の数は0～9のうちのいずれかの数で，

$$a\times10^n+b\times10^{n-1}+\cdots\cdots+c\times10+d\times1$$
$$=ab\cdots\cdots cd$$

の形に表される。足し算においては10の束ができると1繰り上がり，引き算においては上の位から1借りると10になる。

この考えを一般化すると，次のように p 進法というものを考えることができる。

定義　0～$p-1$ までの p 種類の数のいずれかである $a, b, \cdots\cdots, c, d$ を用いて，数を

$$a\times p^n+b\times p^{n-1}+\cdots\cdots+c\times p+d\times1$$
$$=ab\cdots\cdots cd_{(p)}$$
$$(a\neq0)$$

のように表す方法を p 進法といい，p 進法で表された数を p 進数という。

（例）　$32012_{(5)}$ を10進法に直せ。

∵　$32012_{(5)}$

$=3\times5^4+2\times5^3+0\times5^2+1\times5+2\times1$

$=1875+250+0+5+2=2132$

問　次の数を10進法に直せ。

1）$1011_{(2)}$　2）$54622_{(7)}$　3）$210_{(3)}$

（例）10進数461を5進法で表せ。

∵　461の中に $5^3=125$ が3回含まれ，$461-3\times5^3=86$ の中に $5^2=25$ が3回含まれる。次に，$86-3\times5^2=11$ の中に5が2回含まれて1余るから，

$$461=3\times5^3+3\times5^2+2\times5^2+1\times1=3321_{(5)}$$

しかし，この方法は面倒である。461を5で割った商を5で割り，その商を再び5で割ることを続けていくと，

$461=92\times5+1$

$=(18\times5+2)\times5+1$

$=\{(3\times5+3)\times5+2\}\times5+1$

$=(3\times5^2+3\times5+2)\times5+1$

$=3\times5^3+3\times5^2+2\times5+1\times1$

$=3321_{(5)}$

を得る。筆算による簡便な方法は次のようにすればよい。

```
5) 461
5)  92……1
5)  18……2
     3……3
```

問　次の10進数を，指定された p の値について p 進法で表せ。

1）32，$p=2$　2）457，$p=5$　3）1025，$p=7$

次に p 進数同士の演算を行ってみよう。

その場合，定義からも分かるように，加法では p の束ができると1繰り上がり，減法では上の位から1借りると p になるということである。

しかし，乗法においては，1位数同士の積の結果を p 進数に直しながら計算する必要があり，面倒である。その心配が不要なのは2進数同士の乗法のと

きのみである。

(例) 次の計算をせよ。

1) $\begin{array}{r} 210_{(3)} \\ +)\ 1022_{(3)} \\ \hline 2002_{(3)} \end{array}$ 2) $\begin{array}{r} 2103_{(5)} \\ -)\ 1022_{(5)} \\ \hline 1031_{(5)} \end{array}$

3) $\begin{array}{r} 2102_{(3)} \\ \times)\ \ 201_{(3)} \\ \hline 2102\phantom{_{(3)}} \\ 0000\phantom{0_{(3)}} \\ 11211\phantom{00_{(3)}} \\ \hline 1200202_{(3)} \end{array}$ 4) $\begin{array}{r} 1011_{(2)} \\ \times)\ \ 110_{(2)} \\ \hline 0000\phantom{_{(2)}} \\ 1011\phantom{0_{(2)}} \\ 1011\phantom{00_{(2)}} \\ \hline 1000010_{(2)} \end{array}$

問 次の計算をせよ。

1) $\begin{array}{r} 1120_{(3)} \\ +)\ \ 221_{(3)} \\ \hline \end{array}$ 2) $\begin{array}{r} 1403_{(5)} \\ -)\ \ 233_{(5)} \\ \hline \end{array}$

3) $\begin{array}{r} 3201_{(5)} \\ \times)\ \ 104_{(5)} \\ \hline \end{array}$ 4) $\begin{array}{r} 1010_{(2)} \\ \times)\ \ 101_{(2)} \\ \hline \end{array}$

問 p 進数の除法はどのようにすればよいか考えてみよ。

以上のような展開に2時間をかけた。

③ブール代数と基本的な論理回路

基本的な論理回路から入り，ブール代数の学習を経て真理値表の論理式化，種々の論理回路の作成と進むのが自然であると思われるが，時間の節約を考慮して，ブール代数から入ることにした。

まず，集合の合併，交わり，補集合に関するド・モルガンの法則を含めた諸性質

1) $A\cup B=B\cup A$, $A\cap B=B\cap A$

2) $A\cup(B\cup C)=(A\cup B)\cup C$
 $A\cap(B\cap C)=(A\cap B)\cap C$

3) $A\cup A=A$, $A\cap A=A$

4) $\phi\cup A=A\cup\phi=A$, $\phi\cap A=A\cap\phi=\phi$
 S を全体集合とすると
 $S\cup A=A\cup S=S$, $S\cap A=A\cap S=A$

5) $A\cap(B\cup C)=(A\cap B)\cup(A\cap C)$
 $A\cup(B\cap C)=(A\cup B)\cap(A\cup C)$

6) AのSにおける補集合を$\overline{A}$とすると，
 $\overline{\overline{A}}=A$, $\overline{\phi}=S$, $\overline{S}=\phi$
 $A\cup\overline{A}=\overline{A}\cup A=S$, $A\cap\overline{A}=\phi$

7) $\overline{(A\cup B)}=\overline{A}\cap\overline{B}$, $\overline{(A\cap B)}=\overline{A}\cup\overline{B}$

(ド・モルガンの法則)

を，ベン図を利用しながら生徒自身に確認させた。その後で，$\cup$を +，$\cap$を・，Sを1，ϕを0とかくことにすると，1) は，

$A+B=B+A$, $A\cdot B=B\cdot A$

のように，数の加法，乗法の性質が対応し，

$S\cap S=S$, $\phi\cup S=S\cup\phi=S$, $\phi\cup\phi=\phi$

には，それぞれ

$1\cdot 1=1$, $0+1=1+0=1$, $0+0=0$

が自然に対応することから，数の加法，乗法の性質と似た性質が成り立つことを意識させた。

その上で，ブール代数を次の形で導入した。

$\boxed{\text{定義}}$ 特定の要素0，1を含む集合Sに2つの演算+と・が与えられていて，次の条件1)～9)を満たすとき，Sはブール代数をなすという。

1) $a+b=b+a$, $a\cdot b=b\cdot a$

2) $a+(b+c)=(a+b)+c$
 $a\cdot(b\cdot c)=(a\cdot b)\cdot c$

3) $a+a=a$, $a\cdot a=a$

4) $0+a=a+0=a$, $0\cdot a=a\cdot 0=0$
 $1+a=a+1=1$, $1\cdot a=a\cdot 1=a$

5) $a\cdot(b+c)=a\cdot b+a\cdot c$
 $a+b\cdot c=(a+b)\cdot(a+c)$

6) Sの各要素aに対し，その補元素と呼ばれる要素$\overline{a}$が定まり
 $\overline{\overline{a}}=a$, $\overline{0}=1$, $\overline{1}=0$
 $a+\overline{a}=\overline{a}+a=1$, $a\cdot\overline{a}=0$
 をみたす。

7) $\overline{a+b}=\overline{a}\cdot\overline{b}$, $\overline{a\cdot b}=\overline{a}+\overline{b}$

(ド・モルガン)

ブール代数は，全体集合Sの部分集合全体がみたす性質を抽象化してできたものであるから，集合Sの部分集合の全体は，$\cup$，$\cap$，補集合をつくる操作に関してブール代数をなす。

したがって，ブール代数の計算がわからなくなれば，集合算を考えて解決することができる。

(例) Sをブール代数として，次の式を簡単にせよ。

1) $X=\overline{A}\cdot B+\overline{A}\cdot\overline{B}$ 2) $X=\overline{A}\cdot\overline{B}+\overline{B}\cdot(A+B)$

∵1) $X=\overline{A}\cdot B+\overline{A}\cdot\overline{B}$
 $=\overline{A}\cdot(B+\overline{B})$ ……5) より
 $=\overline{A}\cdot 1$ ……6) より
 $=\overline{A}$ ……4) より

2) $X=\overline{A}\cdot\overline{B}+\overline{B}\cdot(A+B)$
 $=\overline{B}\cdot(\overline{A}+A+B)$ ……5) より
 $=\overline{B}\cdot(1+B)$ ……6) より
 $=\overline{B}\cdot 1$ ……6) より
 $=\overline{B}$ ……4) より

問　次の式を簡単にせよ。

1) $X=a\cdot b+a\cdot\bar{b}$　2) $X=\overline{\bar{a}\cdot b+a\cdot\bar{b}}$

3) $X=(a+b+c)\cdot(a+b+\bar{c})$

4) $X=(a+b)\cdot(a+\bar{b})\cdot(\bar{a}+b)$

次に，基本的な論理回路であるAND回路，OR回路，NOT回路を導入しよう。

1) AND回路

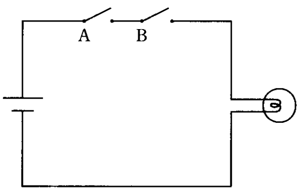
入力A，Bの信号がともに1であるときにのみ，出力Xの信号が1となる回路で，論理式は

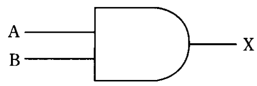
$X=A\cdot B$

スイッチ回路に例えると，

入 力		出力
A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

X=A・B





のようになり，右のような図記号を用いる。

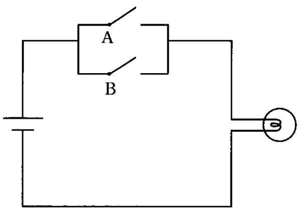
2) OR回路

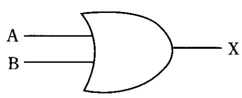
入力A，Bの信号の少なくとも一方が1であれば，出力Xの信号が1となる回路で，論理式は，$X=A+B$

スイッチ回路に例えると，

入 力		出力
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

X=A+B





のようになり，右のような図記号を用いる。

3) NOT回路

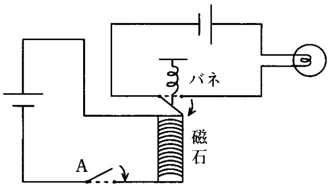
入力Aの信号が1のとき，出力Xの信号が0，入力Aの信号が0のとき，出力Xの信号が1となる回路で，論理式は

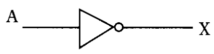
$X=\bar{A}$

スイッチ回路に例えると，

入力	出力
A	X
0	1
1	0

X= $\bar{A}$

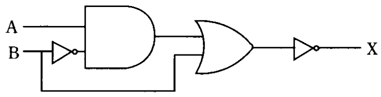




のようになり，右のような図記号を用いる。

以上の外にも，これらを組み合わせたNAND回路，NOR回路があったり，バッファ回路があるが，深入りしない（本授業の展開では，2次的なものなので）。

（例）次のディジタル回路の真理値表をつくれ。また，出力XをA，Bの論理式で表せ。



∵　真理値表は，右下のようになる。

また，図より，

$X=\overline{(A\cdot\bar{B}+B)}$

$=\overline{A\cdot\bar{B}}\cdot\bar{B}$

$=(\bar{A}+B)\cdot\bar{B}$

$=\bar{A}\cdot\bar{B}+B\cdot\bar{B}$

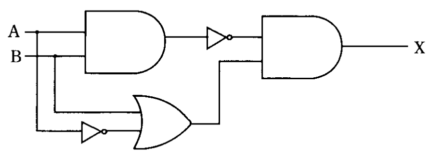
$=\bar{A}\cdot\bar{B}$

となる。

入 力		出力
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

（この論理式からも，真理値表の正しさが分かる。）

問　次のディジタル回路の真理値表を作れ。また，出力XをA，Bの論理式で表せ。



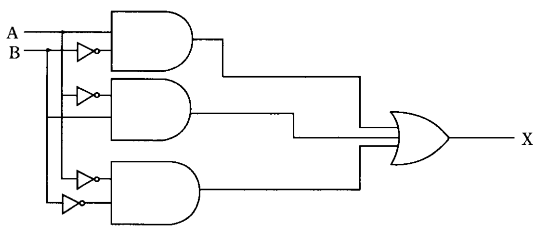
上の例では，ディジタル回路から真理値表やXの論理式をつくったが，次は，真理値表や論理式からディジタル回路をつくる方法について考えてみよう。

（例）XがA，Bの論理式として，

$X=A\cdot\bar{B}+\bar{A}\cdot B+\bar{A}\cdot\bar{B}$

と表されるとき，そのディジタル回路をつくれ。

∵　すなおにつくれば，



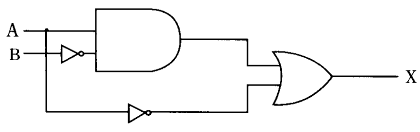
しかし，その前にXを整理すると，

$X=A\cdot\bar{B}+\bar{A}\cdot(B+\bar{B})$

$=A\cdot\bar{B}+\bar{A}\cdot 1$

$=A\cdot\bar{B}+\bar{A}$

したがって，Xの表すディジタル回路は，次のようになる。



問　XがA，Bの論理式として，

$X=A\cdot B+\overline{A\cdot\overline{B}+A}$

と表されるとき，Xの表すディジタル回路と，A，B，Xの真理値表をつくれ。また，Xのディジタル回路を簡単化せよ。

(例) 次の真理値表をもとに，XをA，Bの論理式で表し，Xのディジタル回路をつくれ。

入 力		出力
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

∵　A＋B の真理値表は，右下のようになるから，

$\overline{A+B}$

で与えられた真理値表の上3つは満たされる。したがって4つ目を考慮して，

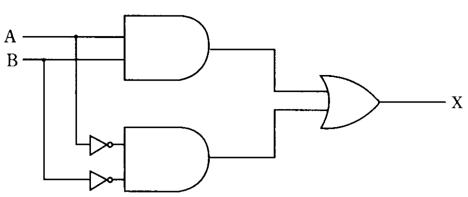
入 力		出力
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$X=\overline{(A+B)}+A\cdot B$

とおけばよい。すなわち，

$X=\overline{A}\cdot\overline{B}+A\cdot B$

したがって，Xの表すディジタル回路は次のようになる。



このような説明をした後，生徒に対し「今の説明で大体分かりましたか。」と尋ねたところ，半数以上の生徒は「大体分かります。」と答えたのであるが，クラスでも数学を得意とするA君が「分かりません。」という。そこで「どこが分かりにくいのかな。」と尋ねたところ，「先生がXの論理式を導く場面では，たまたま，$\overline{A+B}$ が見つかったから解けたという感じで，解法に必然性がないのではないかと思います。このように考えるから，Xの論理式はこうなるというきちんとした解法を示して下さい。」という。

この解法については，私自身に不安があり，まさにその弱点を指摘された形であった。

たまたま時間切れになったこともあり，その場は「なるほど，もっともな指摘だと思う。次の時間までの私の宿題にさせてほしい。」ということで授業を終えた。

家に帰ってからいろいろ考えた末，たし算では，

$0+0=0,\ 0+1=1,\ 1+0=1,\ 1+1=1$

のように，少なくとも1つ1があれば結果は1になり，かけ算では

$0\cdot 0=0,\ 0\cdot 1=0,\ 1\cdot 0=0,\ 1\cdot 1=1$

のように，少なくとも1つ0があれば結果は0になることに気付いた。

これは，たし算ではめったに0にならず，かけ算ではめったに1にならないことを意味する。

したがって，右のような真理値表の場合に，Xはめったに1にならないから，Aまたは$\overline{A}$とBまたは$\overline{B}$の積で表せばよく，

入 力		出力
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$X=\overline{A}\cdot\overline{B}$

となる。

そう考えれば，例の場合もX＝1となるときを考えて，

$X=\overline{A}\cdot\overline{B}+A\cdot B$

を導くことができる。

あるいは，X＝0となるものも半数あり，それらを表す式がそれぞれ$A+\overline{B}$，$\overline{A}+B$であるから，

$X=(A+\overline{B})\cdot(\overline{A}+B)$

と表すことができる。実際

$$\begin{aligned}X&=(A+\overline{B})\cdot\overline{A}+(A+\overline{B})\cdot B\\&=A\cdot\overline{A}+\overline{B}\cdot\overline{A}+A\cdot B+\overline{B}\cdot B\\&=\overline{A}\cdot\overline{B}+A\cdot B\end{aligned}$$

である。

要するに，“0はたし算で表し，1はかけ算で表すこと”を念頭において，Xの論理式をつくればよい訳である。

次時の授業の冒頭で上のような考え方と解法を示したところ，A君は「非常に合理的な説明で，よく分かります。」と述べてくれた。

と同時に，他の生徒も納得し，A，B，Xの真理値表から短時間でXの論理式を導けるようになった。

その点，私はA君に大いに助けられた訳であり，その後の授業の流れがスムーズにゆくようになったこと，他の多くの生徒がより明確に理解して興味を

持つようになったことに対し，感謝せねばならないと思う。

問　次の真理値表をもとにして，XをA，Bの論理式で表し，Xを表すディジタル回路を作成せよ。
（ヒント：X＝1となるA，Bの値の組に注目すればよい。）

入力		出力
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	0

3. 公開授業の実践

与えられたディジタル回路からA，B，Xの真理値の表を作ったり，Xの論理式を求めることは易しいが，A，B，Xの真理値表からXの論理式をつくることはやや難しい。しかし，A君の指摘のおかげで，それさえも一定の方法で無理なく行うことができるようになった。

こうした流れを受けて，いよいよ数の加法を行うディジタル回路の作成をめざす授業を行うことになるが，そのためには，①1けたの2進数同士の加法を行うディジタル回路（半加算器）を，まず作成する。このとき，1+1＝10であるから，繰り上がりの問題を考慮する必要がある。②一般の加法の計算における各位の計算では，繰り上がりのほかに，下位の位からの繰り上がりを考慮したディジタル回路（全加算器）が必要である。

この半加算器，全加算器の回路ができれば，もはや“加法計算機”をつくることは易しい。

以上のような構想の下に，次のような指導案をつくり，実践することにした。

まず，前時に行った右のような真理値表に対するXの論理式が，

$$X = A\cdot B + \overline{A}\cdot\overline{B}$$

であったことを参考にして，1けたの2進数同士の加法の結果

入力		出力
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$0+0=0,\ 0+1=1$

$1+0=0,\ 1+1=10$

として得られる1の位の数をS，2の位への繰り上がりをC_0として，A，B，S，C_0の真理値表をつくらせた。その上で，S，C_0をA，Bの論理式で表現させ，その論理式の基づいてS，C_0のディジタル回路を作成させることにした。

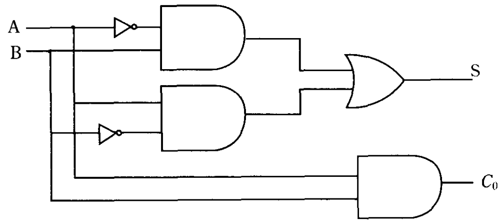
すなわち，右のような真理値表を得るから，前時の結果を利用すると，

$$\begin{aligned}S &= \overline{X}\\ &= \overline{(A\cdot B+\overline{A}\cdot\overline{B})}\\ &= (\overline{A}+\overline{B})\cdot(A+B)\\ &= \overline{A}\cdot(A+B)+\overline{B}\cdot(A+B)\\ &= \overline{A}\cdot A+\overline{A}\cdot B+\overline{B}\cdot A+B\cdot\overline{B}\\ &= \overline{A}\cdot B+\overline{B}\cdot A\end{aligned}$$

$$C_0 = A\cdot B$$

入　力		出　力	
A	B	S	C_0
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

したがって，そのディジタル回路は次のようになる。



うまくできるか心配であったが，S，C_0の論理式，およびディジタル回路のいずれも生徒により，あっさり片付けられてしまった（半加算器）。

次は，全加算器の作成であるが，下位の位からの繰り上がりをC_0，上の位への繰り上がりをC_1，たし算の結果その位に残る数をSとすれば，その真理値表は右のようになる。

入　力			出　力	
A	B	C_0	S	C_1
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

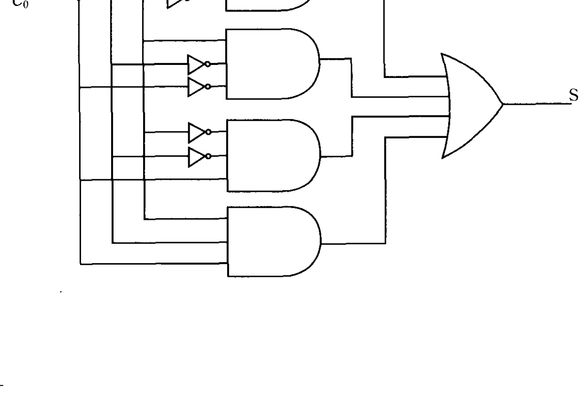
したがって，S，C_1の論理式は，それぞれ

$$\begin{aligned}S &= \overline{A}\cdot B\cdot\overline{C_0}+A\cdot\overline{B}\cdot\overline{C_0}\\ &\quad+\overline{A}\cdot\overline{B}\cdot C_0+A\cdot B\cdot C_0\end{aligned}$$

$$C_1 = A\cdot B\cdot\overline{C_0}+\overline{A}\cdot B\cdot C_0+A\cdot\overline{B}\cdot C_0\cdot A\cdot B\cdot C_0$$

となる。

S，C_1の論理式までは大半の生徒ができていたが，そのディジタル回路の作成には時間がかかり，生徒にはSのディジタル回路のみを板書してもらうことにした。

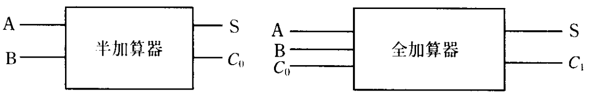


C_1 については，

$$C_1 = A \cdot B \cdot \overline{C_0} + \overline{A} \cdot B \cdot C_0 + A \cdot C_0 \cdot (\overline{B} + B)$$
$$= A \cdot B \cdot \overline{C_0} + \overline{A} \cdot B \cdot C_0 + A \cdot C_0$$

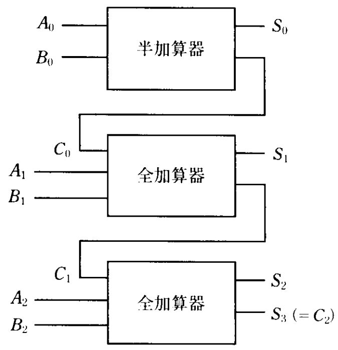
であるから，多少簡単になる。

しかし，この時点で残り時間は10分もなく，半加算器と全加算器をそれぞれ



で表すものとして，３けたの２進数同士の加法を行うディジタル回路をつくるよう求めたが，数人を除いて，できてはいなかった。

$(A_2 \times 2^2 + A_1 \times 2^1 + A_0 \times 1) + (B_2 \times 2^2 + B_1 \times 2^1 + B_0 \times 1)$ を計算するには，



のようなディジタル回路をつくればよいことに触れて授業を終えたが，生徒は，「p 進法もまあまあだけど，ブール代数や論理回路の作成は結構面白かったです。」と語ったり，他のクラスの生徒に本時までの流れを説明している場面に出会って，一応の成果はあったのではないかと考えた。

高等学校　情報科　学習指導案

――情報のディジタル化――

指導者　河野　芳文（数学科）

日　　時　2001(平成13)年11月17日(土)　第１限（9：00～9：50）

場　　所　研修館第４研修室

学年・組　高等学校第Ⅰ学年５組　38名（男子24名　女子14名）

題　　目　情報のディジタル化

目　　標
1．アナログとディジタルの意味について学び，その違いについて理解する。
2．２進数のしくみとビット，バイトの意味を理解し，２進数の簡単な計算ができるようにする。また，情報のディジタル化の意味を理解する。
3．ブール代数の入門的な部分の考えを理解し，簡単な計算ができるようにするとともに，AND, OR, NOT などの基本的な論理回路のしくみを理解する。
4．ブール代数および AND, OR, NOT などの基本的な論理回路を用いて，加算回路等を作成し，そのしくみを理解する。
5．コンピュータの内部では，文字・音・画像などの情報もディジタル化して同様に扱えることを理解する。

時間配当
1．オリエンテーション・Word の練習 ……………１時間
2．Word・Excel の練習………………………………２時間
3．２進数とその計算…………………………………２時間
4．基本的な論理回路とブール代数入門……………３時間
5．コンピュータによる計算のしくみ………………２時間（本時はその第１時）
6．文字・音・画像などの情報のディジタル化のしくみ……１時間
7．身の回りの情報機器とその活用法………………１時間

指導の経過と今後の計画

普通教科「情報」の目標は，「情報化の進展に主体的に対応できる能力と態度を育てる」ことであり，それは中学校での情報の学習を踏まえて，「情報活用の実践力」，「情報の科学的な理解」，「情報社会に参画する態度」をバランスよく育てることである。

普通教科「情報」は，「情報Ａ」，「情報Ｂ」，「情報Ｃ」からなるが，いずれも上記の３つの力をバランスよく育てる点においては共通で，「情報Ａ」は情報の活用，「情報Ｂ」は科学的な理解，「情報Ｃ」は情報社会に参画する態度によりウェイトが置かれているといえるであろう。

生徒はこれまでに Word や Excel のソフトの使い方を学び，２進数とその簡単な計算，AND, OR, NOT などの基本的な論理回路のしくみと簡単なブール代数

の内容を学習している。

本時では，こうした学習を踏まえて加算回路を作成し，足し算のしくみについて理解を促したい。

今後の予定としては，次時において演算のしくみを扱った後，文字・音・画像などの情報のディジタル化のしくみについて簡単に触れる予定であるが，最後に身の回りの情報機器とその活用法について触れて一つの区切りとしたい。

本時の題目　情報のディジタル化——加算回路のしくみとその作成——

本時の目標　1．基本回路を用いて，一桁の2進数の足し算の回路＜半加算器＞を作成させる。

2．半加算器を組み合わせて，足し算の回路＜全加算器＞を作る方法を理解させる。

本時の指導過程

<table>
<tr><th>学習内容</th><th>指導過程・学習活動</th><th>指導上の留意点</th></tr>
<tr><td>（導入）
基本的な論理回路とブール代数の復習</td><td>・AND，OR，NOTなどの基本的な論理回路と，ブール代数の基本的な性質について復習する。</td><td>・基本回路の記号にも触れる。</td></tr>
<tr><td>（展開）
半加算器の作成</td><td>（課題）0+0=0，0+1=1，1+0=1，1+1=10であるが，AとBの和の結果の1の位をS，2の位への繰り上がりをCとして，次の表を完成せよ。
また，SとCをAとBの論理式で表せ。
さらに，足し算のしくみの回路図をつくれ。
<table><tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th>S</th><th>C</th></tr><tr><td>イ</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ロ</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ハ</td><td>1</td><td>0</td><td></td><td></td></tr><tr><td>ニ</td><td>1</td><td>1</td><td></td><td></td></tr></table>
・SはAとBが同じ数のとき0で，異なる数であるとき1になること，CはAとBがともにAであるときに限りAとなることの意味を考えさせる。
・表を完成させ，S，Cの論理式を答えさせる。
・S，Cを求めるしくみを回路図で表現させる。</td><td>・必要なら，$\overline{A}\cdot B$ $A\cdot\overline{B}$の意味を確認する。</td></tr>
<tr><td>全加算器の作成と3桁の数の足し算の回路</td><td>（課題2）（課題1）の考察をもとにして，3桁の数の和を求める回路図を作りたい。（課題1）を下位の桁からの繰り上がりがある場合に修正したうえで，それらを組み合わせて3桁の数の足し算の回路図を作れ。
・下位の位からの繰り上がりをC_0，上位の位への繰り上がりをC_1として，$A+B+C_0$の1の位の数SとC_1の表と式を考えさせる………〈全加算器〉。
・全加算器を記号化したうえで，3桁の数どうしの足し算の回路を作成させる。</td><td>・課題の意味をよく理解させる。
・S，C_1の式は指名しながら指導者がまとめる。
・3桁の数は，$A_2\cdot 2^2+A_1\cdot 2+A_0\cdot 1$とかける。</td></tr>
<tr><td>（まとめ）</td><td>・2進数，ブール代数の知識をもとに，半加算器・全加算器の論理式や回路図ができる。
・全加算器を連ねて，足し算の回路図ができる。</td><td></td></tr>
<tr><td>備考</td><td colspan="2">プリント</td></tr>
</table>

4. 反省と課題

今回の「情報」の授業は，「情報B」あるいは，「情報C」の中身に関する教材であり，指導要領にしめされた内容よりも幾分深いものであったと思う。

しかし，それにも関わらず，生徒は興味をもち，最後まで比較的熱心に取り組んでいたように思われる。特に，真理値表からXの論理式をつくる場面では，さらりと流したのでは満足できず，その原理をふまえた理解を要求される場面にすら遭遇した訳であり，習う限りはその原理をきちんと理解したいとの生徒の気持ちを感じた。しかも，そうした授業の後，生徒はより一層意欲を示し，前向きになったことを考えれば，きちんとした内容を納得のいく形で与える必要があることを痛感した。

このような授業方法が一般的に正しいとはいえないかもしれないが，“習うより，慣れよ”の一面と同時に，ある程度は論理的に納得できる形での授業展開が必要であることを痛感した。しかし，その判断は難しい。

授業を終えた後，生徒や参加者の方から励ましの言葉をいただいた。感謝するとともに，アナログデータとディジタルデータの変換のしくみ，乗法，除法のしくみの分かりやすい説明についての考察を加え，よりよいものにしていきたいと考えている。

今回行ったような授業は，必ずしも「情報」教育のめざす方向に沿うものではないかも知れないが，先生方が「情報」教育に取りくもうとされるときの“たたき台”にでもなれば幸いである。

〈参考文献〉

1. 堀桂太郎著「ディジタル回路入門」オーム社，平成13年
2. 文部省編「高等学校学習指導要領解説情報編」開隆堂出版株式会社，平成12年
3. 宮崎正俊，白鳥則郎，川添良幸著「コンピュータ概説」第2版，共立出版株式会社，1997年
4. 吉本久泰著「デジタルがわかる本」オーム社，平成12年
5. 前田　渡著「ディジタル信号処理の基礎」オーム社，昭和58年