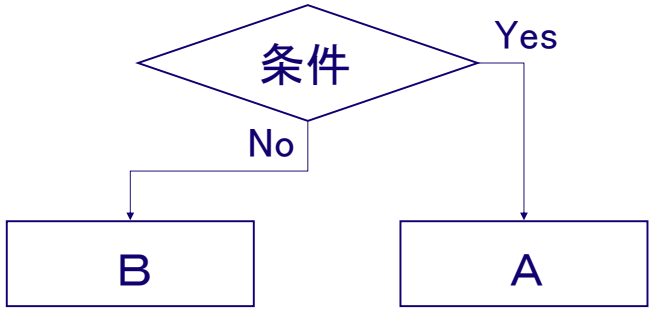
条件分岐と繰り返し

条件分岐とは



- 「ある条件」が成り立てばAを、成り立たなければBを実行

例題1．2数の最大値

- データレジスタ D0, データレジスタ D1 のうち大きい方をデータレジスタ D2 にセットする

例） D0 の中身: 0x 0000 0030

D1 の中身: 0x 0000 0040

のとき

D2 の中身: 0x 0000 0040

比較命令 (D0 と D1 の比較)

条件分岐命令

```
.text
    cmp.l  %d0,%d1
    bhi  ELSE1      /* d1 > d0 */
    move.l  %d0,%d2
    bra  ENDIF1
ELSE1:
    move.l  %d1,%d2
ENDIF1:
    .dc.w  0x4848
    stop  #0
.end
```

条件が成り立つ場合に実行される部分

条件が成り立たない場合に実行される部分

実行順
「D1 の中身 > D0 の中身」が成り立つ場合

```
.text
  ①cmp.l %d0,%d1
  ②bhi ELSE1   /* d1 > d0 */
    move.l %d0,%d2
    bra ENDIF1
ELSE1:
  ③move.l %d1,%d2
ENDIF1:
  ④.dc.w 0x4848
  ⑤stop #0
.end
```

実行順
「D1 の中身 > D0 の中身」が成り立たない場合

```
.text
  ①cmp.l %d0,%d1
  ②bhi ELSE1   /* d1 > d0 */
  ③move.l %d0,%d2
  ④bra ENDIF1
ELSE1:
    move.l %d1,%d2
ENDIF1:
  ⑤.dc.w 0x4848
  ⑥stop #0
.end
```

D0, D1 の中身を比較.
比較結果による条件分岐

```
cmp.l %d0,%d1
bhi ELSE1   /* d1 > d0 */
```

条件分岐の一般形

<コンディションコードレジスタを変化させる命令>
<条件分岐命令>

bhi, bcc, beq
bne, bcs, bls など

cmp など

```
cmp.l %d0,%d1
bhi ELSE1   /* d1 > d0 */
```

条件分岐命令	分岐する条件
bhi	D0の中身 < D1の中身
bcc	D0の中身 ≦ D1の中身
beq	D0の中身 = D1の中身
bne	D0の中身 ≠ D1の中身
bcs	D0の中身 > D1の中身
bls	D0の中身 ≧ D1の中身

```
cmp.l %d0,%d1
bhi ELSE1    /* d1 > d0 */
```

分岐条件

分岐先の
メモリアドレス
※ プログラムカウンタ
にセットされる

bhi, bcc, beq
bne, bcs, bls など

例題2. 条件分岐

- 条件分岐の例として，次の例を考える

$$y = 8 \times x \quad (x > 5 \text{のとき})$$
$$y = 0 \qquad (x \leq 5 \text{のとき})$$

（一部の内容は，復習を兼ねる）

```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

それぞれ、1ロングワードのデータエリアをメモリ中に確保

ロングワード
1ロングワードは4バイト

プログラム中で使用

.l ロングワード（4バイト）
.w ワード（2バイト）
.b バイト（1バイト）

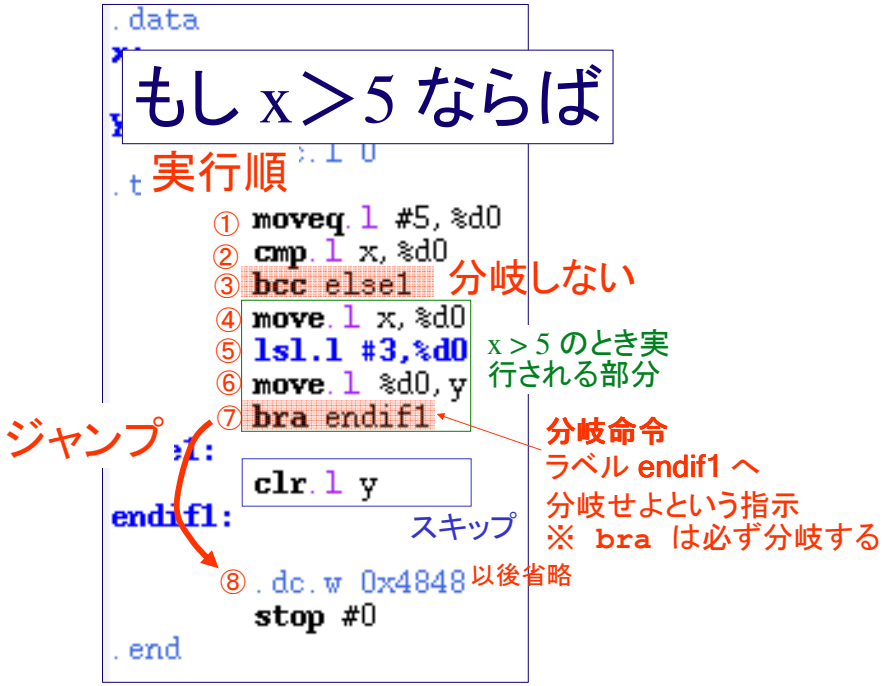
```
.data
x:
        .dc.l 7
y:
        .dc.l 0
.text
        moveq.l #5,%d0
        cmp.l x,%d0
        bcc else1
        move.l x,%d0
        lsl.l #3,%d0
        move.l %d0,y
        bra endif1
else1:
        clr.l y
endif1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

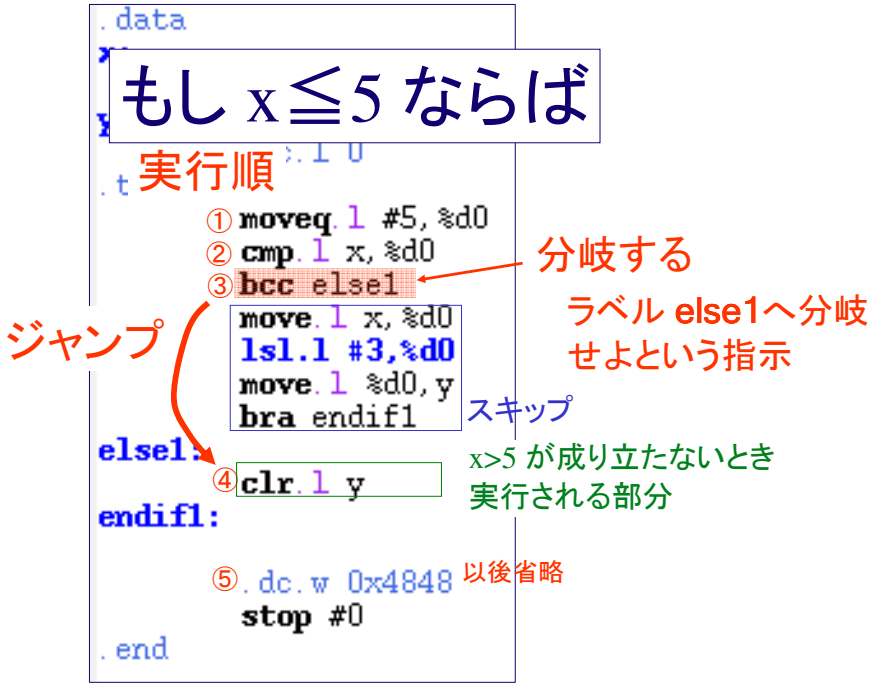
x と 5 の比較
（D0 を使用）

比較結果による分岐

x > 5 のとき実行される部分

x > 5 が成り立たないとき実行される部分



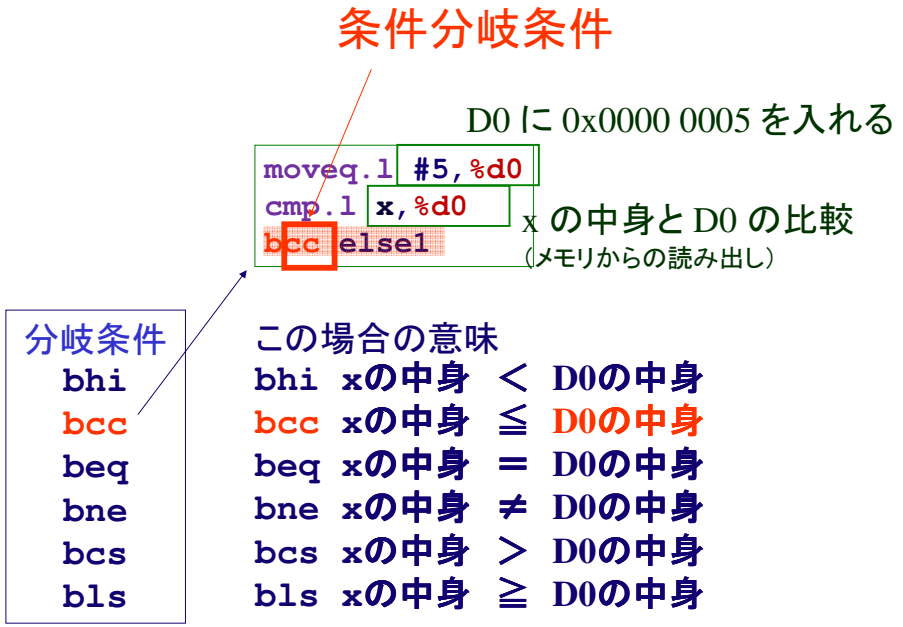


5(数値)とXの中身を比較.
比較結果による条件分岐

D0 に 0x0000 0005 を入れる

```
moveq.l #5,%d0
cmp.l x,%d0
bcc else1
```

x の中身と D0 の比較
※ メモリからの読み出し
※ D0 を比較のために使用



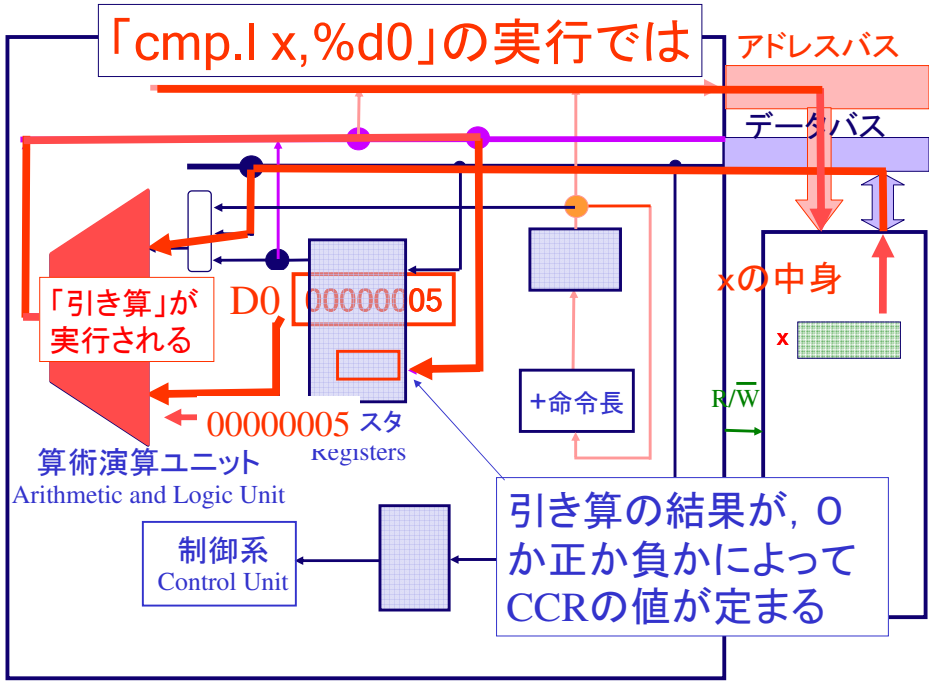
5(数値)とXの中身を比較.
比較結果による条件分岐

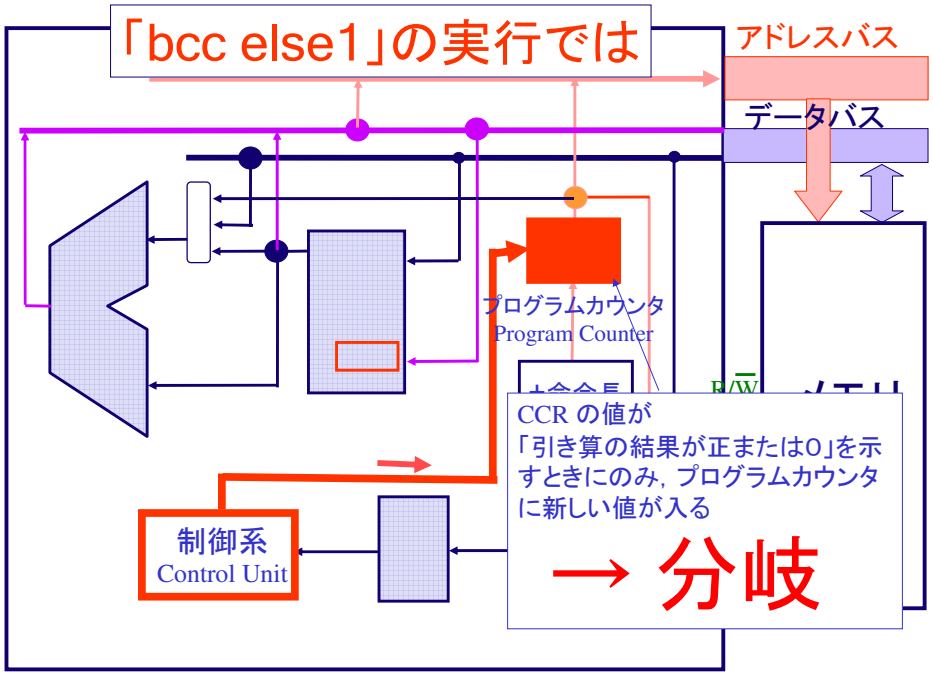
```
cmp.l x,%d0
bcc else1
```

条件分岐の一般形

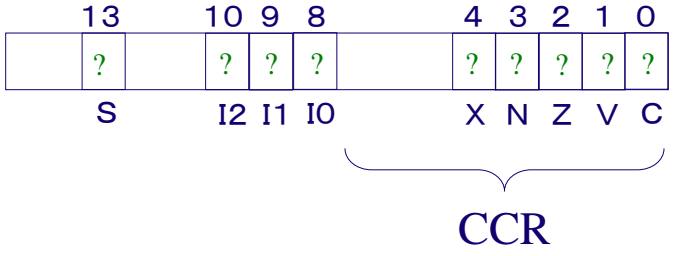
```
<コンディションコードレジスタを変化させる命令>
<条件分岐命令>
```

bhi, bcc, beq　　cmp など
bne, bcs, bls など





ステータスレジスタ



ステータスレジスタ（16ビット）
の下位1バイトが，コンディション
コードレジスタ（CCR）

コンディションコードレジスタの フラグの振る舞い

- フラグは X, N, Z, V, C の5つ
- フラグはすべて1ビット（0か1の値をとる）

cmp 命令での振る舞い

cmp.l ＜ソース＞, ＜ディスティネーション＞

2つの比較

Nフラグ:　＜ディスティネーション＞ー＜ソース＞ ＜0 なら**1**
　さもなければ**0**

Zフラグ:　＜ディスティネーション＞ー＜ソース＞ = 0 なら**1**
　さもなければ**0**

2数の引き算の結果

※ cmp 命令以外でも CCR の値は変化する

（参考）MOVE 命令でのコンディションコードレジスタの変化

X: 変化せず
N: 転送結果の「最上位ビット」が1ならセット（1）、
　それ以外はリセット（0）
Z: 転送結果が「全てのビット」が0ならセット（1）、
　それ以外はリセット（0）
V: 常にリセット（0）
C: 常にリセット（0）

※ 2つの比較ではなく、「転送したデータ」の値による変化

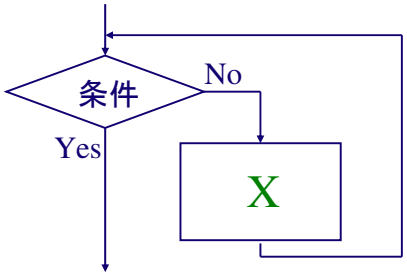
例題3. 繰り返し

- 次の例で、条件分岐命令を見る

$$s = \sum_{i=1}^{3} i$$

繰り返しの一般形

```
START:
      命令（比較命令，演算など）
      b??  QUIT
      命令
      命令
      …
      bra  START
QUIT:
```



- 何かの処理の繰り返し
- 繰り返しのたびに 条件分岐命令が実行され，指定された条件が成り立たない限り，実行が繰り返される

繰り返し

繰り返しの終了条件
「D0 の中身 <= 3」が成り立たない

D0 の中身
と 3 の比較

D0 の中身 > 3
のときはジャンプ

```
.data
s:
        .dc.l 0
.text
        /* %d0 = 1, 2, 3 */
        moveq.l #1,%d0
start1:
        cmp.l #3,%d0
        bhi break1
        add.l %d0,s
        addq.l #1,%d0
        bra start1
break1:
        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

分岐条件

```
bhi D0 > 3
bcc D0 >= 3
beq D0 = 3
bne D0 != 3
bcs D0 < 3
bls D0 <= 3
```

繰り返し

D0 の中身
と 3 の比較

ジャンプ
繰り返しを続ける

D0 の中身≦ 3
のとき

```
.data
s:
        .dc.l 0
.text
        /* %d0 = 1, 2, 3 */
        moveq.l #1,%d0
start1:
        cmp.l #3,%d0
        bhi break1
        add.l %d0,s
        addq.l #1,%d0
        bra start1
break1:
        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

例題4. ワードデータの配列

- 10個のワードデータに，順に，0000, 0001, 0002, ・・・, 0009 をセットするプログラム

実行前

プログラム本体そのものが
入っているエリア

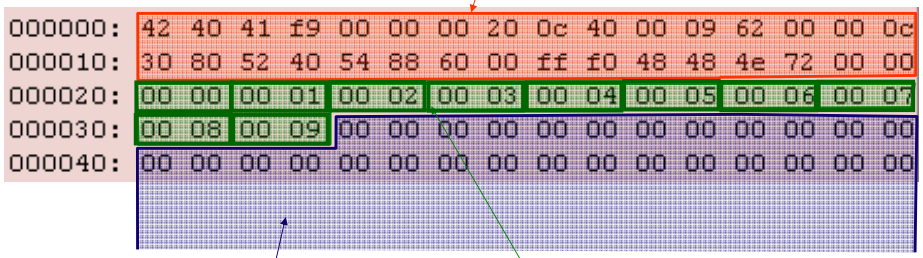
```
000000: 42 40 41 f9 00 00 00 20 0c 40 00 09 62 00 00 0c
000010: 30 80 52 40 54 88 60 00 ff f0 48 48 4e 72 00 00
000020: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
000040: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

未使用

10ワード（＝20バイト）
のデータエリア

実行後

プログラム本体そのものが
入っているエリア



未使用

10ワード（＝20バイト）
のデータエリア

```
.data
a:
        .ds.w 10
.text
        clr.w %d0
        lea a,%a0
start1:
        cmp.w #9,%d0
        bhi break1
        move.w %d0,(%a0)
        addq.w #1,%d0
        addq.l #2,%a0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

「10」ワード分のデータエリアを確保

※ .dc.w 10
　1ワードの確保.
　初期値を10にセット
※ .ds.w 10
　10ワードの確保
　（初期値は不定）

.l ロングワード（4バイト）
.w ワード（2バイト）
.b バイト（1バイト）

```
.data
a:
        .ds.w 10
.text
        clr.w %d0
        lea a,%a0
start1:
        cmp.w #9,%d0
        bhi break1
        move.w %d0,(%a0)
        addq.w #1,%d0
        addq.l #2,%a0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

「10」ワード分のデータエリアを確保

clr.w %d0
lea a,%a0
D0 をクリア　(0x0000 → D0 の下2バイト)
ラベル a のメモリアドレスを A0 にセット
(0x00000020 → A0)

cmp.w #9,%d0
D0 と 9 の比較

bhi break1
比較結果による分岐

move.w %d0,(%a0)
addq.w #1,%d0
addq.l #2,%a0
bra start1
繰り返し実行

```
.data
a:
        .ds.w 10
.text
        clr.w %d0
        lea a,%a0
start1:
        cmp.w #9,%d0
        bhi break1
        move.w %d0,(%a0)
        addq.w #1,%d0
        addq.l #2,%a0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

clr.w %d0
lea a,%a0
ラベル a のメモリアドレスを A0 にセット
(0x00000020 → A0)

A0がポイントしている
メモリアドレスに，D0 の中身を
書き込む

D0 + 1 → D0 (下2バイト)
0x0000, 0x0001, 0x0002,
..., 0x0009

A0 + 1 → A0
0x00000020, 0x00000022,
..., 0x00000032

オペランドの＃の意味

- プログラム命令では
  - ＃付き　：　値を表す
    move.w　　#0x1000, %d0
    → メモリの読み書きを行わない
  - ＃無し　：　メモリアドレスなどを表す
    move.w　　ADDR, %d0
    → メモリの読み書きを行う
- 擬似命令では
  - ふつう　＃　はない．例えば

```
.equ    ADDR        0xffff00
.org    0x0400
        .dc.w       0x4848
a:      .ds.w       1
```

記法　(%a0)

```
move.w  %d0, (%a0)
```

D0 の中身を，A0がポイントしている
メモリアドレスに**書き込む**　　メモリへの書き込み

A0 の値が 0x00000020 ならば
0x20, 0x21 番地に，D0 の下2バイトを書き込む

```
move.l  %d0, %a0
```

D0 の中身を **A0 の中**にコピー
メモリの読み書き無し

lea 命令と move 命令

```
lea  s, %a0
```

ラベル s が示すメモリアドレスの値を A0 に格納
0x00000020 → A0
メモリアクセス無し

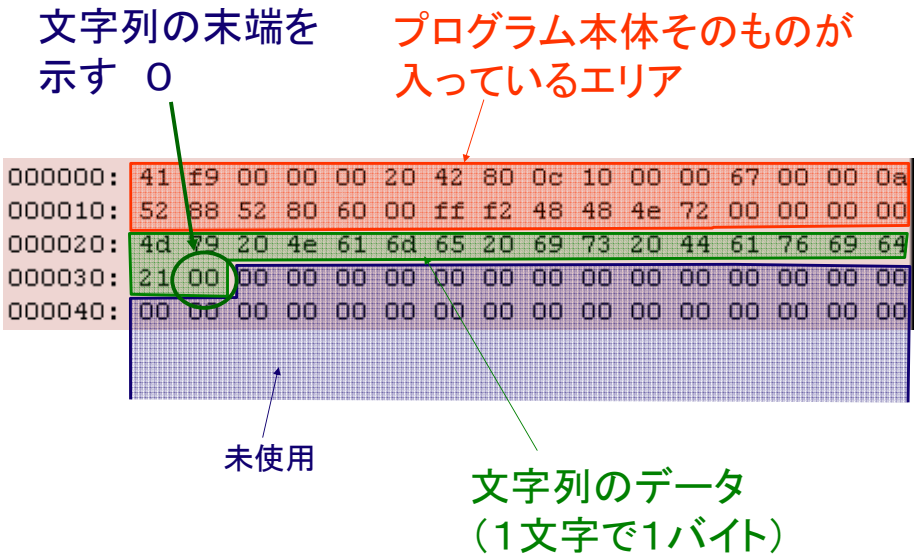
```
move.l  s, %a0
```

ラベル s が示すメモリの中身を A0 に格納
＜0x00000020　の中身　4バイト分＞ → A0
メモリからの読み出し

例題5．文字列の長さ

- 文字列の長さを数えるプログラム
  今回の文字列データ：　My Name is David!
- 文字列の先頭から1文字ずつ読み
  - 0 で無ければ，「データレジスタD0 に1を足す」こと
    を繰り返す
  - 0 ならば処理を終える

実行後



ASCIIコード

- パソコン，ワークステーションで英数文字データを扱うときの標準

ASCIIコード表

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NULL	DEL	SP	0	@	P		p
1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
2	STX	DC2	“	2	B	R	b	r
3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
4	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
7	BEL	ETB	’	7	G	W	g	w
8	(BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
9	(HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
A	(LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
B	(VT)	ESC	+	;	K	[	k	{
C	(FF)	(FS)	,	<	L	¥	l	|
D	(CR)	(GS)	−	=	M	]	m	}
E	SO	(RS)	.	>	N	^	n	~
F	SI	(US)	／	?	O	_	o	DEL

青は特別用途の1バイトデータ

緑は英数文字データ

文字列

- My Name is David! のように，英数文字が並んだもの
- 各1文字は1バイト
- 末尾の「0x00」（これで1バイト）
  文字列の終わりを意味する（文字列の長さは変化するので，終わりを示すための記号が必要」

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!\0"

.text
        lea.l str1,%a0
        clr.l %d0
start1:
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,%a0
        addq.l #1,%d0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

文字列データのデータエリアを確保

アセンブラプログラム中での文字列の書き方

`.ascii "＜文字列＞\0"`

```
.data
str1:
        .ascii "My
.text
        lea.l str1,%a0
        clr.l %d0
start1:
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,%a0
        addq.l #1,%d0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

ラベル str1 のメモリアドレスを A0 にセット
（0x00000020 → A0）
D0 をクリア （0x00000000 → D0）

0 との比較
（文字列の末端か？）

繰り返し実行

```
.data
str1:
        .ascii "My Name is David!\0"

.text
        lea.l str1,%a0
        clr.l %d0
start1:
        cmp.b #0,(%a0)
        beq break1
        addq.l #1,%a0
        addq.l #1,%d0
        bra start1
break1:

        .dc.w 0x4848
        stop #0
.end
```

A0 + 1 → A0
0x00000020, 0x00000021, ..., 0x00000031

D0 + 1 → D0
0x00000000, 0x00000001, ..., 0x00000011

おわりに

- 条件分岐、繰り返しには，**分岐命令**が登場する
- 分岐命令では，**プログラムカウンタの強制的な書き換え**が起こる
- 比較命令などで，**コンディションコードレジスタ**（ステータスレジスタの下位1バイト）**が変化**．分岐命令で利用される