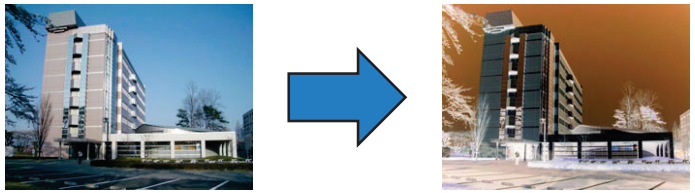
プログラミング演習II
課題4　画像処理
第2週目

担当：篠田一馬

課題4の概要

- 画像処理プログラムを作成することで，ファイル入出力，コマンドライン引数，ポインタ配列，ビット演算を学ぶ



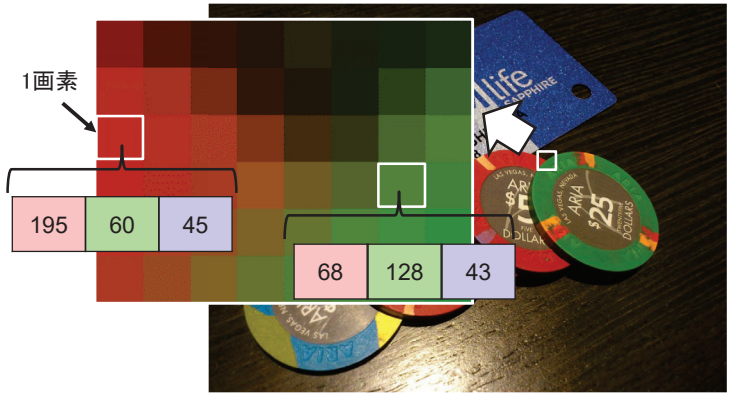
全体の流れ

- 1週目（ファイル操作，コマンドライン引数）
  - 画像ファイルのヘッダ情報をテキストファイルに出力
- 2週目（ファイル操作）
  - 画像ファイルの画素情報をバイナリファイルに出力
- 3週目（ポインタ配列と動的確保）
  - 様々な画素数の画像ファイルの入出力に対応
- 4週目（ビット演算）
  - 画像を減色または上下反転させて出力

テキストファイルとバイナリファイル

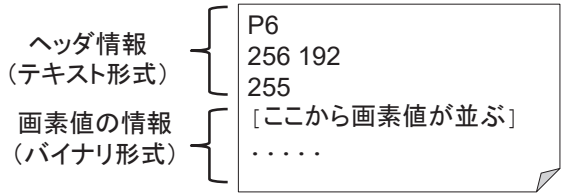
ディジタル画像データの基本

- 画素ごとに赤，緑，青の3色の情報を持っている
- 赤，緑，青（RGB）の組み合わせで色を表現



PPM画像（P6）

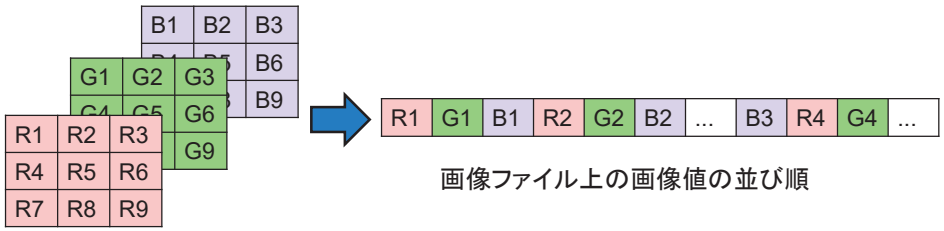
- 画像に関する情報をヘッダとして持つ画像
  - 縦画素数と横画素数の情報が含まれる
  - 余計な情報が少ないため，処理しやすい



ファイル上のデータ

画素値の情報

- 基本的にR，G，Bの順に数値が一列に並ぶ
  - メモリは1次元なので，1次元に展開される
  - 画素値はテキストではなくバイナリデータとして保存



画素値の概念（3x3画素）

画像ファイル上の画像値の並び順

テキストファイルとバイナリファイル

- テキストファイル
  - 一般的には，ASCIIコード表で文字に変換できる数値（0x00から0x7F，つまり符号なし整数だと0から127）のみが含まれるファイル
- バイナリファイル
  - それ以外のファイル
  - PPMファイル（P6）はバイナリファイル

テキストファイル

- メモリ上はバイナリデータ（数値）が保存される
- テキストエディタで開くと，ASCII コードに対応している文字を表示

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	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

ASCIIコード表

エディタで開いた test.txt

hello

アドレス	・・・	11	12	13	14	15	16	17	・・・
メモリ上の数値	・・・	?	68	65	6C	6C	6F	?	・・・

（注：以後，アドレスとメモリ上の数値は16進数を意味し，0x表記は省略）

バイナリファイル

- メモリ上はバイナリデータ（数値）が保存される
- テキストエディタで開いたときに，ASCIIコードの文字に対応するとは限らない

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	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

ASCIIコード表

エディタで開いた img01.ppmの 画素値の部分

+ `

アドレス	・・・	11	12	13	14	15	16	17	・・・
メモリ上の数値	・・・	?	FF	F3	2B	99	60	?	・・・

偶然+に対応

偶然`に対応

PPMファイルはバイナリファイル

- 1画素の各色を1バイトで表現
- 画素値は0から255(0x00から0xFF)なので，ASCIIコード表の文字とは対応しない
- 画素値は”テキスト”としては読み込めない

テキストエディタで 開いたimg01.ppm

```
P6
256 192
255
 }}/ ‘   aa#””__//  ...
```

ヘッダはテキストデータ

画素値の部分は意味を持った テキストにならない

10	11	12	13	14	・・・
E3	7D	7D	2F	C5	・・・

画素値の部分のメモリの状態

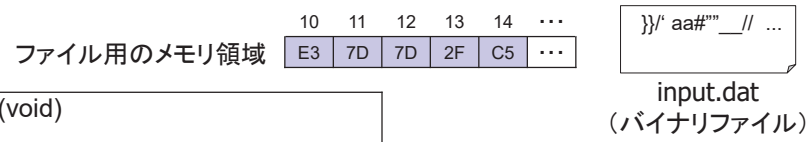
1画素のRの値（1バイト）

バイナリデータの
読み込みと書き込みの例

バイナリデータの読み書き

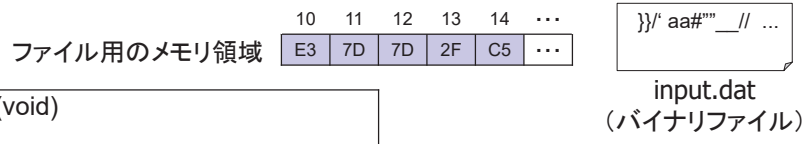
- テキストデータであれば下記が簡単
  - fscanf関数：scanfと同じ書式で文字を読み込み
  - fgets関数：改行までテキスト1行文を読み込み
  - fprintf関数：printfと同じ書式で文字を書き込み
- バイナリデータの場合
  - fread関数：指定されたバイト数のデータをファイルから読み込み
  - fwrite関数：指定されたバイト数のデータをファイルに書き込み

fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

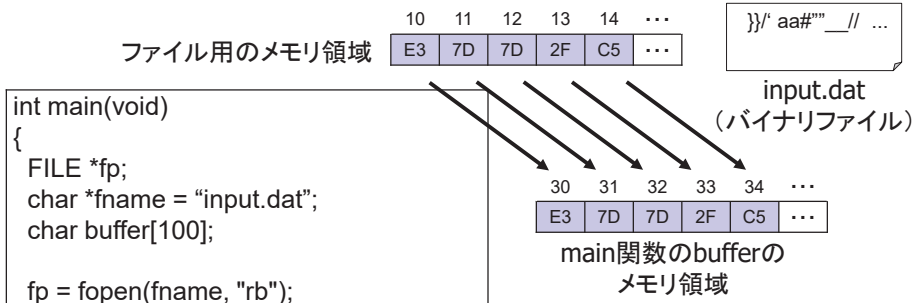

fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

バイナリファイルの読み込みなので
バイナリモード“rb”を指定

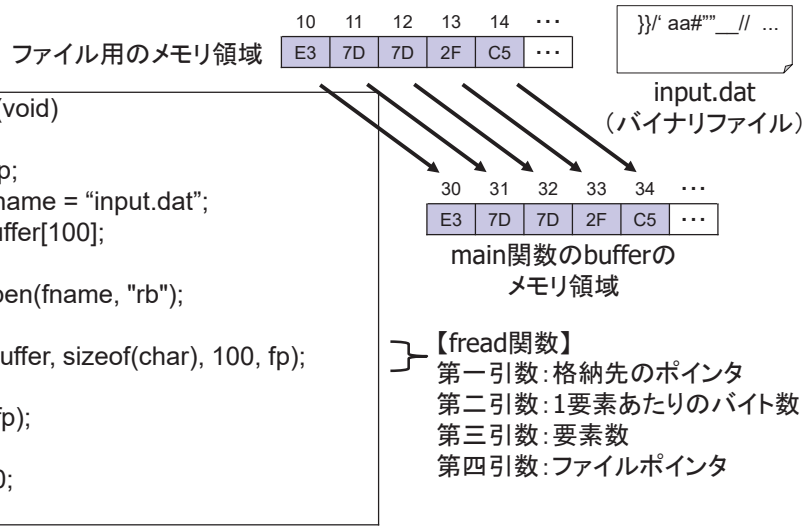
fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

このfread関数の呼び出しで，
ファイルからbufferに1バイトの
要素を100個読み込む

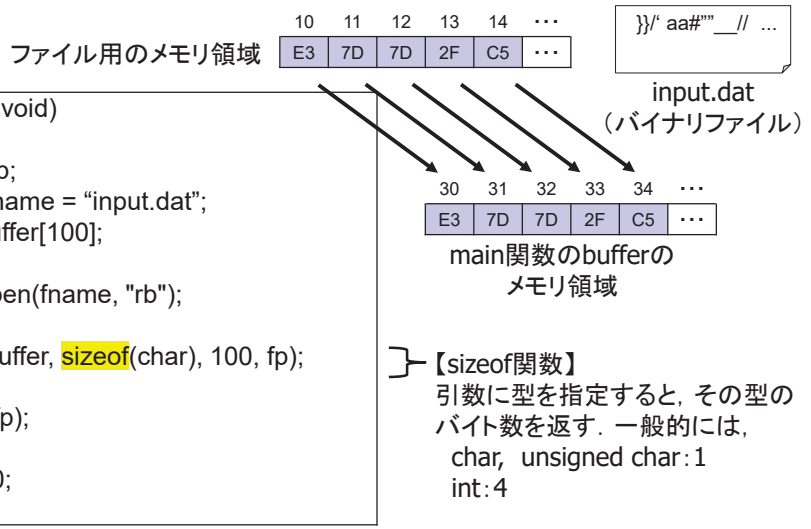
fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

【fread関数】
第一引数：格納先のポインタ
第二引数：1要素あたりのバイト数
第三引数：要素数
第四引数：ファイルポインタ

fread関数の使用例

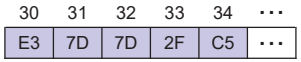



```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

【sizeof関数】
引数に型を指定すると，その型のバイト数を返す．一般的には，
char，unsigned char：1
int：4

fread関数の使用例

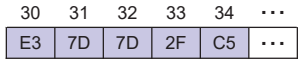
```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char *fname = “input.dat”;
  char buffer[100];

  fp = fopen(fname, "rb");

  fread(buffer, sizeof(char), 100, fp);

  fclose(fp);

  return 0;
}
```



あとは，bufferの各要素の数値（画素値）を使って，出力ファイルへのコピーや数値の編集（画像処理）を行えばよい

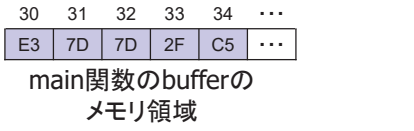
fwrite関数の使用例

```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  char *fname = “output.dat”;
  char buffer[100];
/*bufferにデータが入力されたと想定*/

  fpo = fopen("output.dat", "wb");

  fwrite(buffer, sizeof(char), 100, fpo);

  fclose(fpo);

  return 0;
}
```



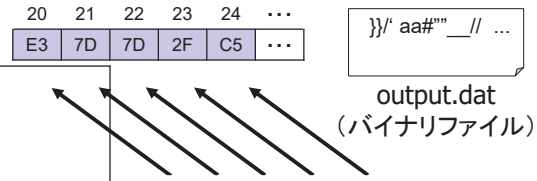
fwrite関数の使用例

```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  char *fname = “output.dat”;
  char buffer[100];
 /*bufferにデータが入力されたと想定*/

  fpo = fopen("output.dat", "wb");

  fwrite(buffer, sizeof(char), 100, fpo);

  fclose(fpo);

  return 0;
}
```

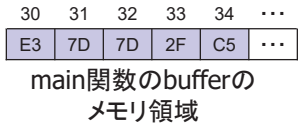


読み込み時とほぼ同じ．モードは”wb”，
fread関数ではなくfwrite関数を使用
（引数ほぼ同じ，bufferからfpoに出力）

fwrite関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  char *fname = “output.dat”;
  char buffer[100];
 /*bufferにデータが入力されたと想定*/

  fpo = fopen("output.dat", "wb");

  fwrite(buffer, sizeof(char), 100, fpo);

  fclose(fpo);

  return 0;
}
```



読み込み時とほぼ同じ．モードは”wb”，
fread関数ではなくfwrite関数を使用
（引数ほぼ同じ，bufferからfpoに出力）

（補足）構造体のsizeof

- 構造体の確保に必要な総バイト数を返す
  - sizeof(PIXEL): （一般的には）3
  - PIXEL構造体のデータを freadやfwriteで読み書きしたい 場合は便利

```
typedef struct {
      unsigned char r;
      unsigned char g;
      unsigned char b;
} PIXEL;
```

- 余分な領域を確保（パディング）して偶数長や4の倍数になる処理系もある
  - 右のPIXEL構造体は合計7バイトに思えるが，多くの処理系ではsizeof(PIXEL)は8を返す

```
typedef struct {
      unsigned char r;
      unsigned char g;
      unsigned char b;
      int a;
} PIXEL;
```


（補足）char型の変数について

- charは整数が格納される変数
  - int型と違うのは，サイズが1バイト（-127から128）
  - unsigned char型も1バイトで，0から255

```
int main(void)
{
  char a, b, c;

  a = 3;       /* OK */
  b = -2;      /* OK */
  c = a + b;  /* OK, cは1 */

  return 0;
}
```

（補足）なぜ文字型というのか

- ASCIIコードの数値は1バイトで，文字コードを格納するのが便利だから
  - ‘h’は右表の通り0x68に対応
  - プログラム中の‘h’は自動的に0x68（十進数で104）に変換される
  - aには104が代入される

```
int main(void)
{
  char a;
  a = 'h';        /* OK */
  return 0;
}
```

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	NUL	DLE	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

ASCIIコード表

（補足）10進数と16進数

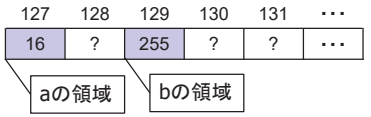
- 左右はどちらも全く同じ意味であることに注意
  - 資料やプログラムを書くときにわかりやすい方を使用

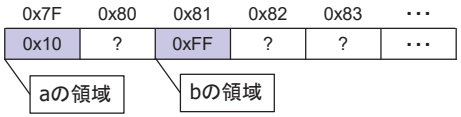
10進数表記

```
int main(void)
{
  unsigned char a, b;
  a = 16;
  b = 255;
  return 0;
}
```

16進数表記

```
int main(void)
{
  unsigned char a, b;
  a = 0x10;
  b = 0xFF;
  return 0;
}
```





画素値の読み込みと書き込み

プログラム上での画素値の読み書き

- 画素値を入れるための領域は静的に確保済

```
typedef struct {
  unsigned char r;
  unsigned char g;
  unsigned char b;
} PIXEL;

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PIXEL pBuffer[49152];
} IMAGE;
```

画素値を格納するための構造体

img01.ppm専用に，49152要素（256×192画素）のPIXELの配列を用意

プログラム上での画素値の読み書き

■画素値の読み込みは未実装

```
int iioLoadFile(IMAGE* pImage, char* fname)
{
  FILE* fpr;
  char lineBuffer[LINEMAX];
  int i;

  /* ファイルオープン（ひな形で実装済） */
  if ((fpr = fopen(fname, "rb")) == NULL) {
  .....
  sscanf(lineBuffer, "%d", &pImage->level);
  /* ここでヘッダ部読み込み終了 */

  /* pImage->pBufferに画像データを格納（2週目） */

  /* ファイルクローズ（ひな形で実装済） */
  fclose(fpr);
  return 0;
}
```

ファイルからpImage->pBufferに画素値を読み込むだけ.

プログラム上での画素値の読み書き

■画素値のコピーは未実装

```
void ipCopy(IMAGE* p_in_image, IMAGE* p_out_image)
{
  /* ヘッダ情報のコピー */
  p_out_image->xsize = p_in_image->xsize;
  p_out_image->ysize = p_in_image->ysize;
  p_out_image->level = p_in_image->level;

 /* ここで画素値をコピーする */
}
```

ヘッダ情報はコピーしているが，画素値の情報（pBufferの各要素）はコピーしていない.

プログラム上での画素値の読み書き

■画素値の書き込みは未実装

```
int iioSaveFile(IMAGE* pImage, char* fname)
{
  int i;
  FILE* fpo;

  /* ファイルオープン（1週目で実装済）*/

  /*PPMのヘッダ情報をファイルに出力（1週目で実装済）*/
  /* 画素値をファイルに出力 */

  /* ファイルクローズ（1週目で実装済） */

  return 0;
}
```

ヘッダ出力後，pImage->pBufferをファイルに書き込むだけ.

【演習課題4_2_1】

- ファイルからの画素値の読み込み，およびファイルへの書き込みを実装
- 前週の課題からの変更点
  - iioLoadFileとiioSaveFileの実装
  - iioSaveFileのファイルopenはwbモードにすること
  - ipCopyにおける画素値のコピーの実装
- 入力画像と同じ画像が出力できるか確認する
  - 実行時の出力ファイル名の拡張子をtxtからppmにすること

演習課題の目安: 授業終了時刻まで

終わった人は

- 余裕があれば次週の課題に取り組むことを推奨
- 最終レポートは，画像処理の実装種類数が多いほど評価UP
  - 例年，10種類以上実装する人も数名