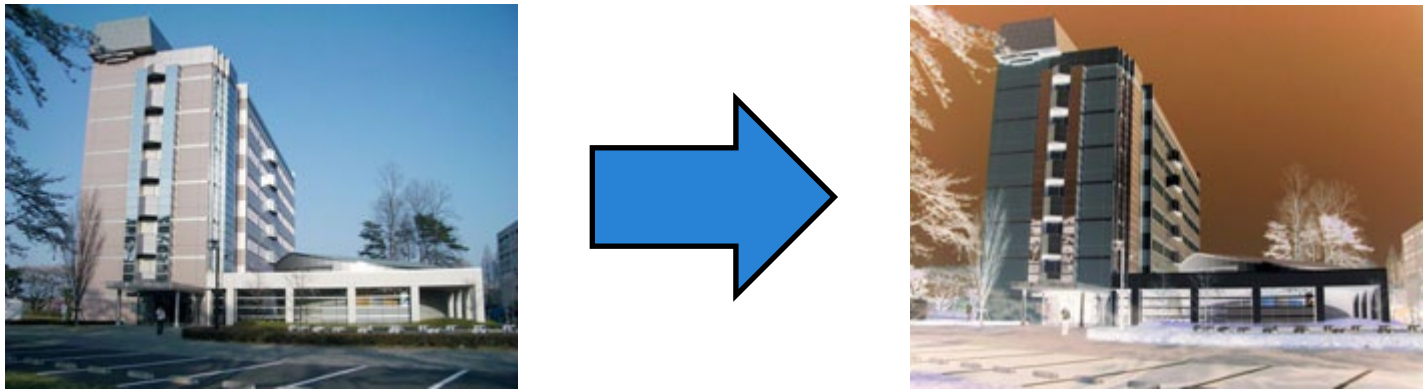
プログラミング演習II
課題4　画像処理
第2週目

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



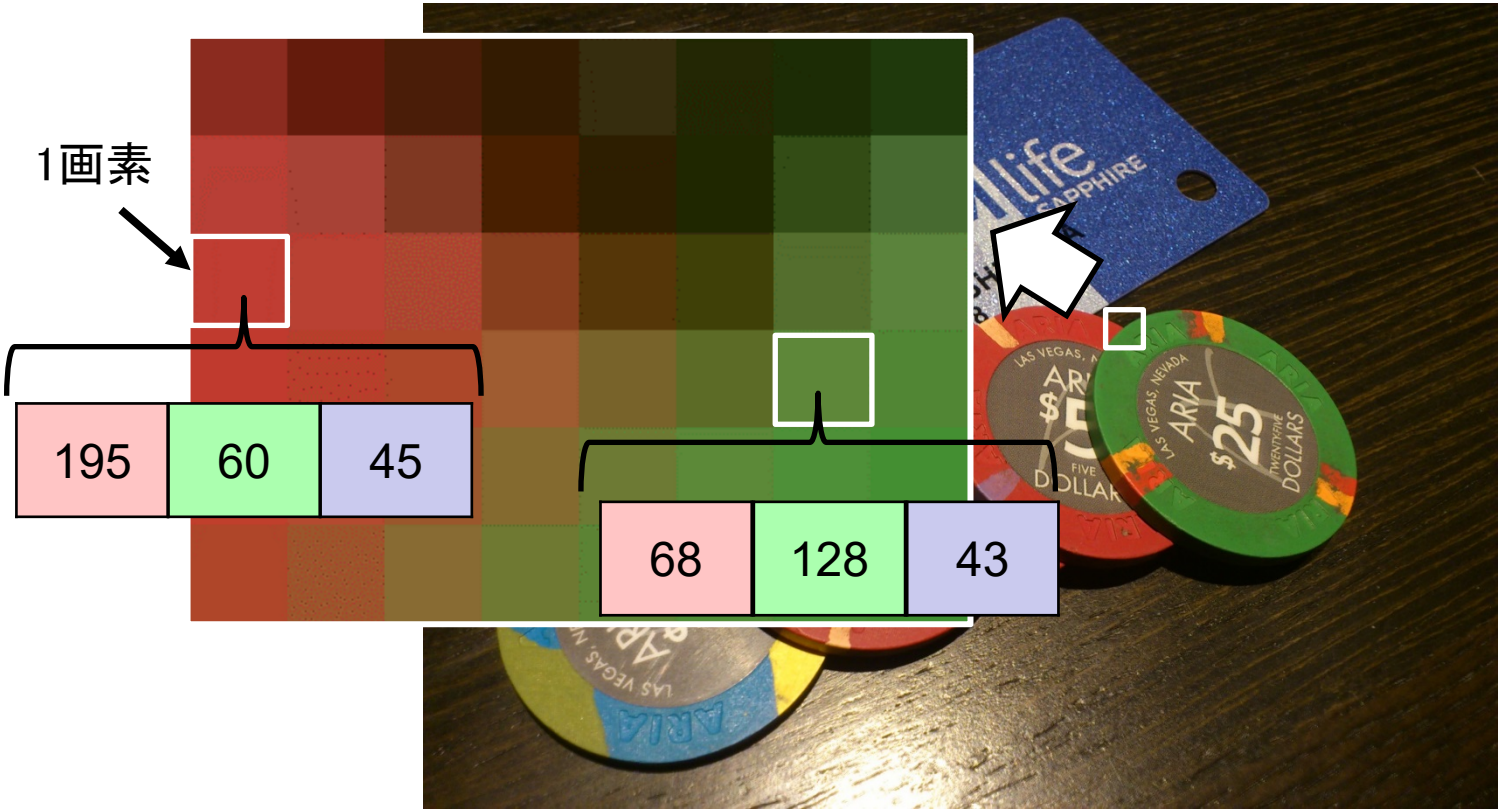
全体の流れ

- 1週目（ファイル操作，コマンドライン引数）
  - ユーザが指定した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（ポインタ配列と動的確保）
  - ユーザが指定した画像ファイルを読み込み，コピーを別ファイルとして出力
- 3週目（ビット演算）
  - ユーザが指定した画像ファイルを減色または左右反転させて別ファイルとして出力

テキストファイルとバイナリファイル

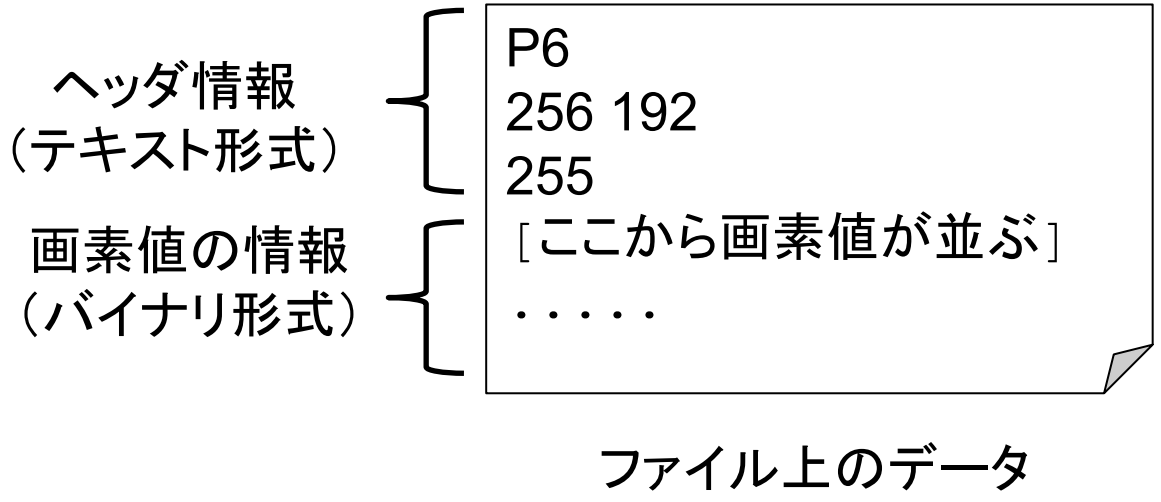
ディジタル画像データの基本

- 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）

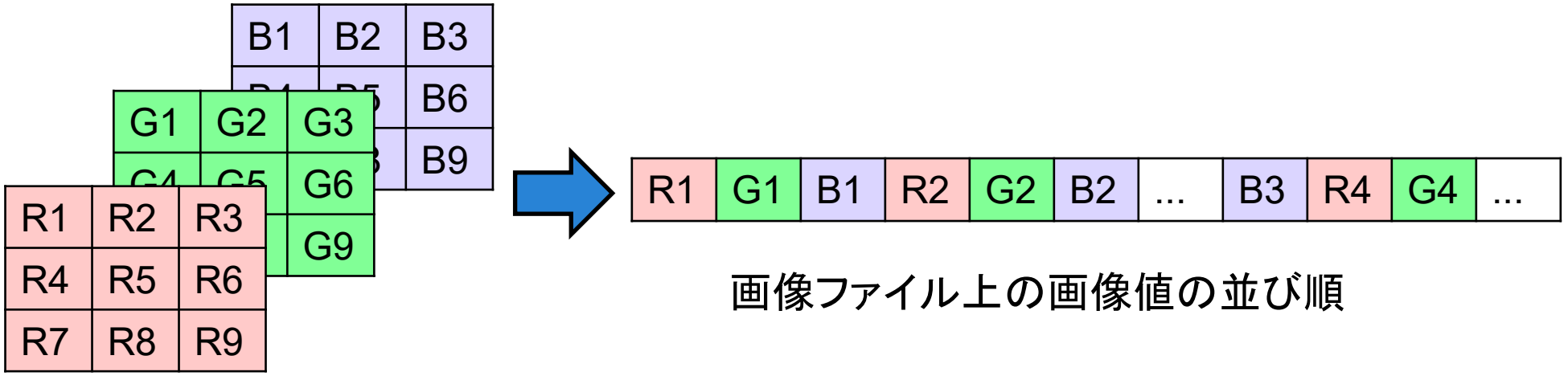
- 画像に関する情報をヘッダとして持つ画像
  - 縦画素数と横画素数の情報が含まれる
  - 余計な情報が少ないため，処理しやすい



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

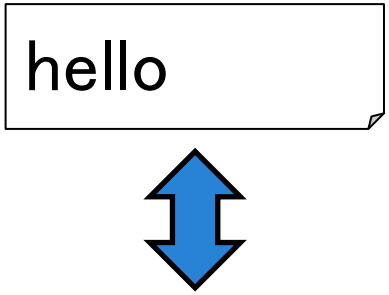
テキストファイル

- 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



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）

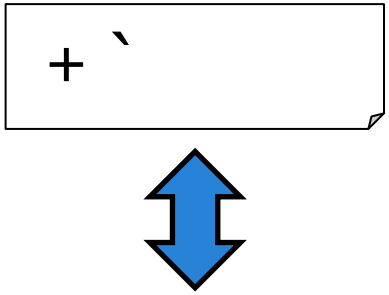
バイナリファイル

- 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

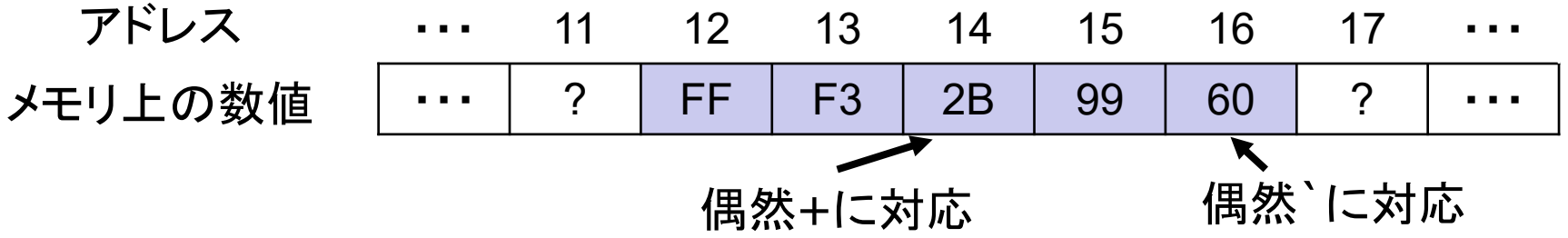
  とは限らない

エディタで開いた
img01.ppmの
画素値の部分



	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



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

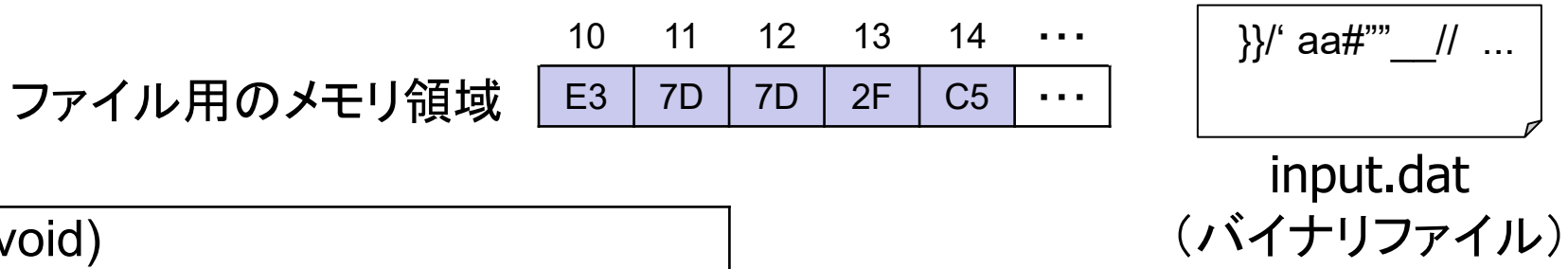
1画素のRの値（1バイト）

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

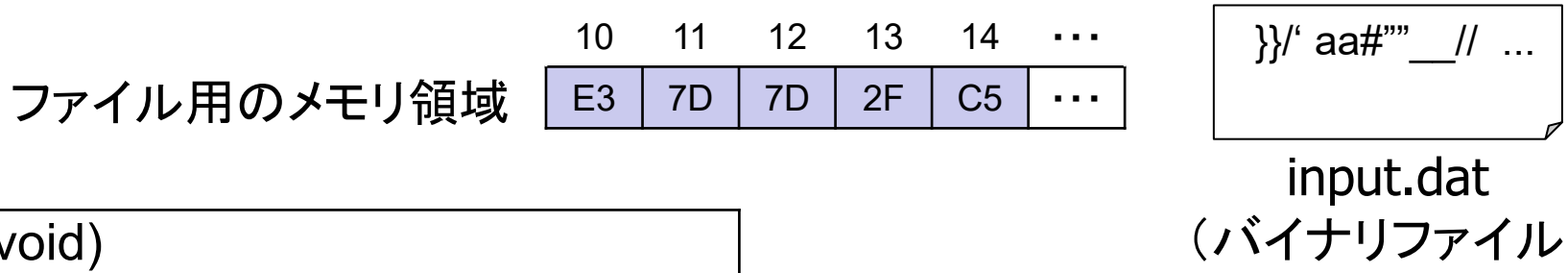
- テキストデータであれば下記が簡単
  - fscanf関数：scanfと同じ書式で文字を読み込み
  - fgets関数：改行までテキスト1行文を読み込み
  - fprintf関数：printfと同じ書式で文字を書き込み
- バイナリデータの場合
  - fread関数：指定されたバイト数のデータをファイルから読み込み
  - fwrite関数：指定されたバイト数のデータをファイルに書き込み

fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "rb");

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

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

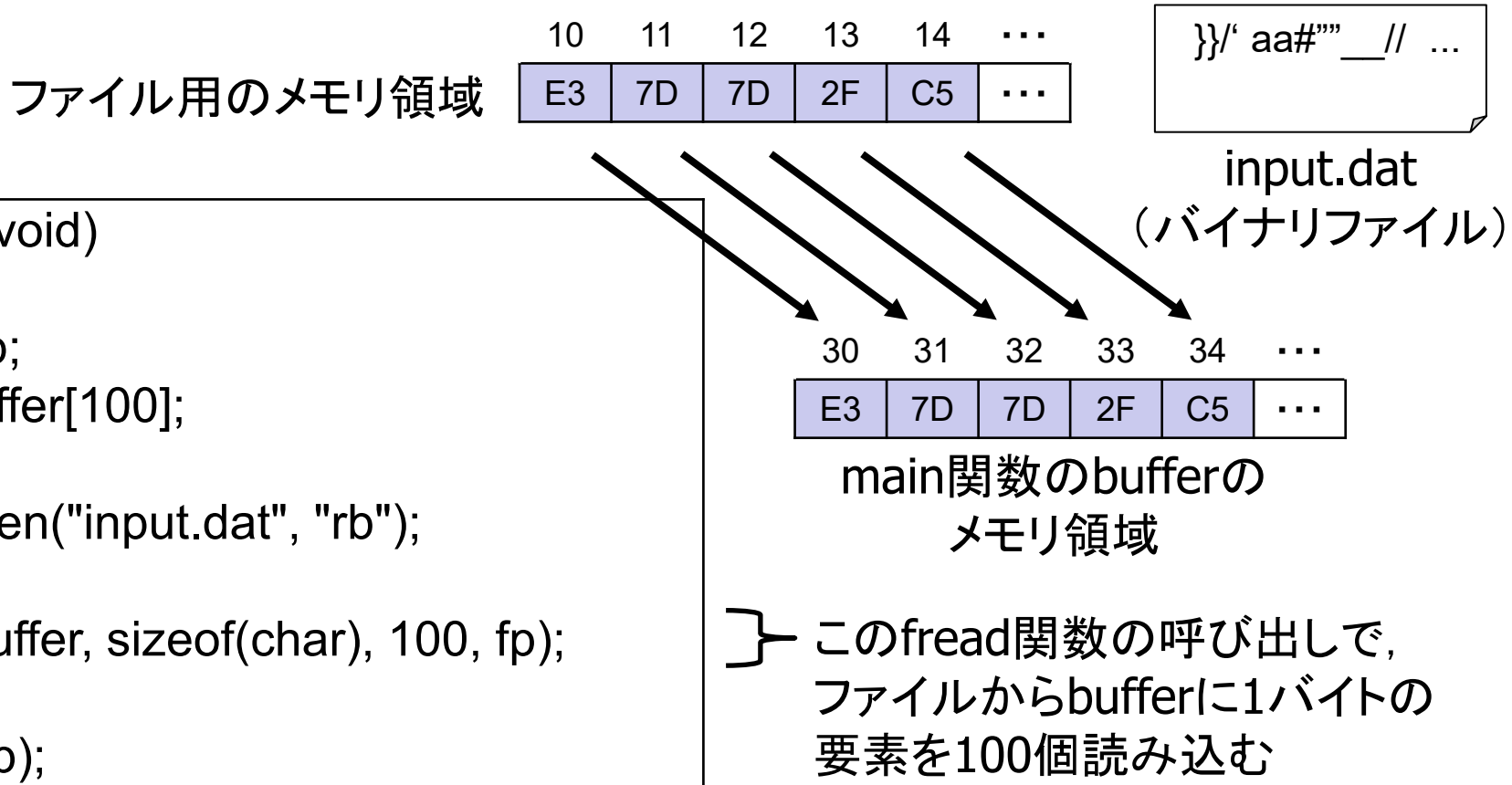
fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "rb");

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

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

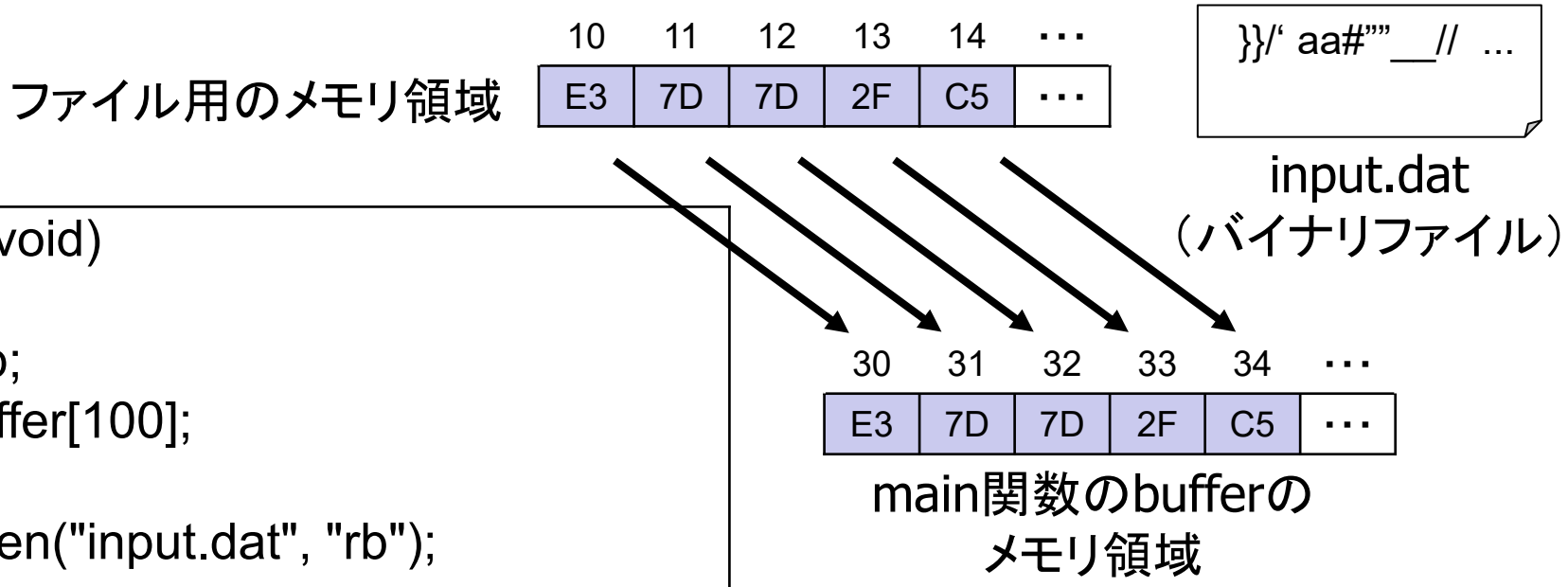
バイナリファイルの読み込みなので
バイナリモード"rb"を指定

fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "rb");

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

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

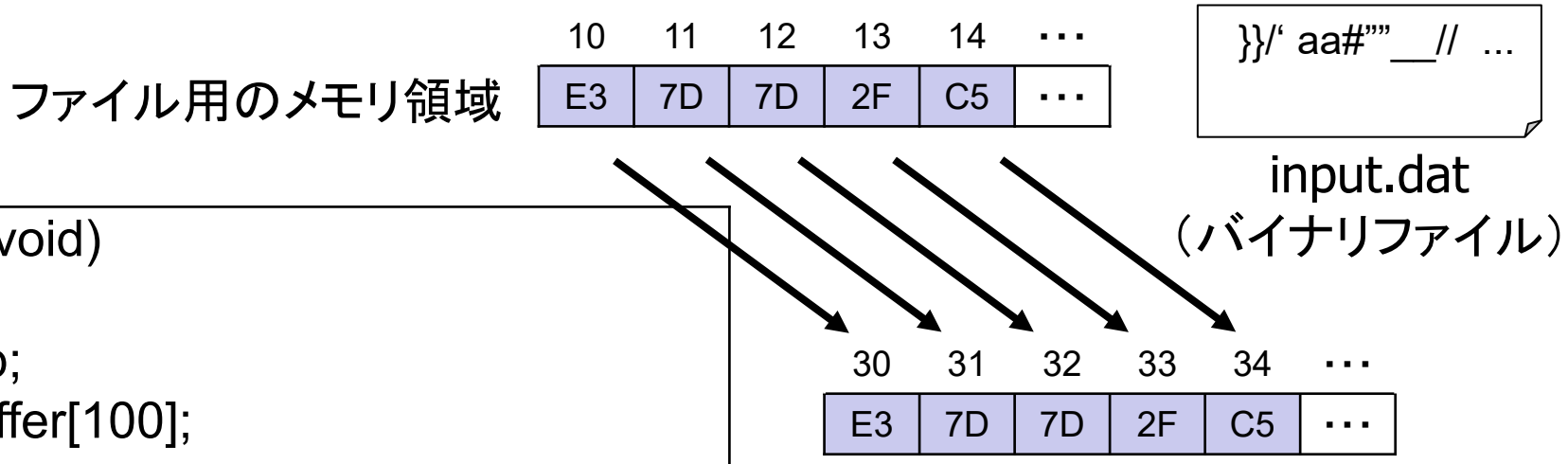
fread関数の使用例




```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "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

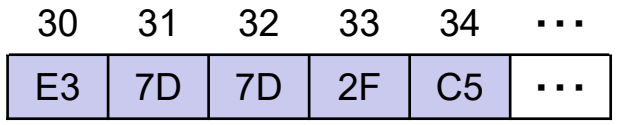



```
int main(void)
{
  FILE *fp;
  char buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "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 buffer[100];

  fp = fopen("input.dat", "rb");

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

  fclose(fp);

  return 0;
}
```

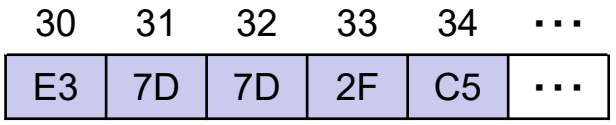


main関数のbufferの
メモリ領域

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

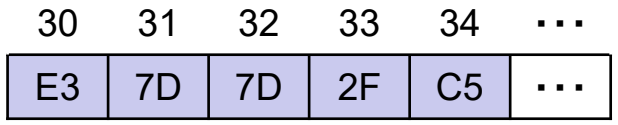
```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  char buffer[100];
 /*bufferにデータが入力されたと想定*/

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

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

  fclose(fpo);

  return 0;
}
```



main関数のbufferの
メモリ領域

fwrite関数の使用例

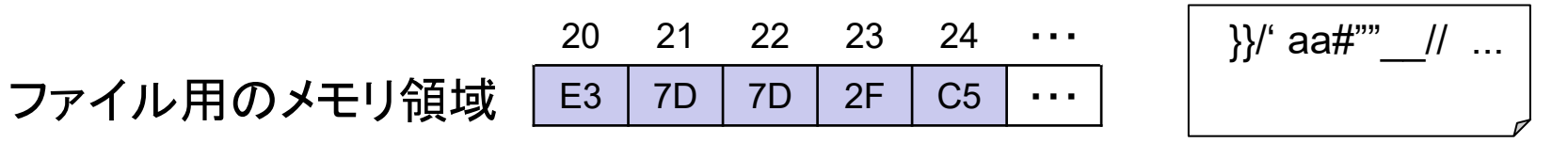
```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  char buffer[100];
 /*bufferにデータが入力されたと想定*/

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

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

  fclose(fpo);

  return 0;
}
```



main関数のbufferの
メモリ領域

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）

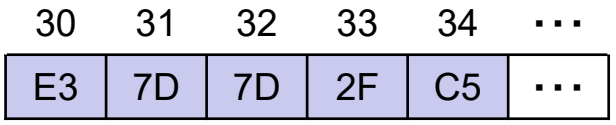
fwrite関数の使用例



}}/‘ aa#”” __// ...

output.dat
（バイナリファイル）

```
int main(void)
{
  FILE *fp, *fpo;
  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;
}
```



main関数のbufferの
メモリ領域

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

	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

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

（補足）10進数と16進数

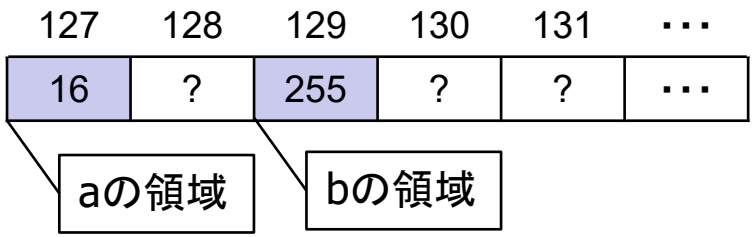
- 左右はどちらも全く同じ意味であることに注意
  - 資料やプログラムを書くときにわかりやすい方を使用

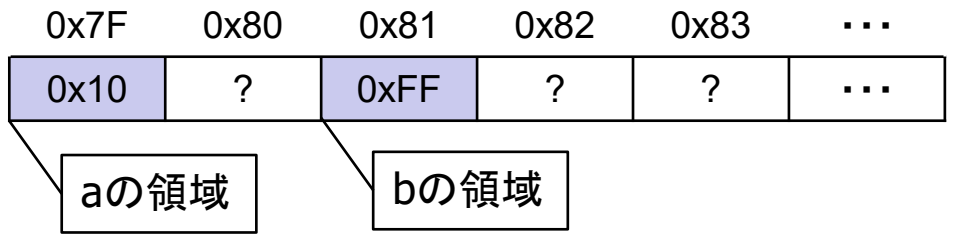
10進数表記

```
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, const 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, const 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: 20分

画素値の格納方法の改良
①動的な一次元配列

配列の動的確保

- 動的確保はmalloc(or calloc)とfreeが必須

```
int main(void)
{
  unsigned char a[3];

  a[0] = 3;
  a[1] = 4;
  a[2] = 5;

  return 0;
}
```

静的確保

```
int main(void)
{
  unsigned char *a;

  a = malloc(sizeof(unsigned char) * 3);
  a[0] = 3;
  a[1] = 4;
  a[2] = 5;
  free(a);

  return 0;
}
```

動的確保

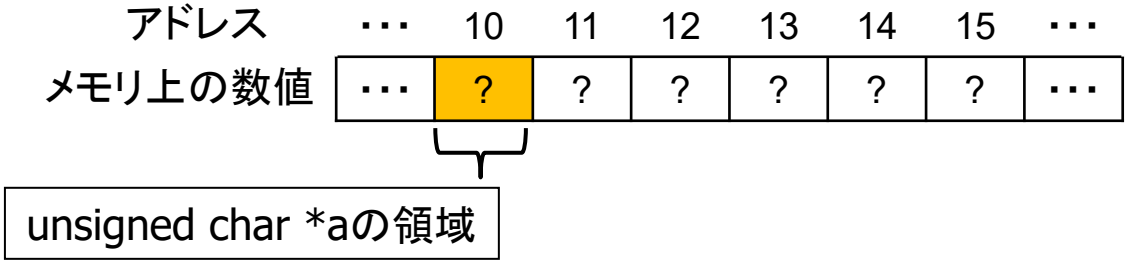
※どちらも，要素数3のunsigned charの配列を確保して値を代入するためのコード

mallocとfree

（アドレス，メモリ上の数値とも10進表記．全ての型は1byte想定．）
（黄色の領域はアドレスの値，青色はそれ以外の値を意味する．）

- unsigned char*の変数を確保
  - アドレスの値を1つ格納するための領域が確保される

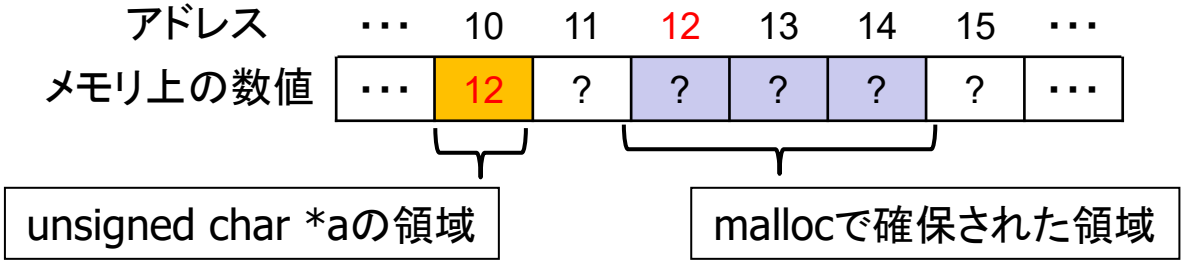
```
int main(void)
{
  unsigned char *a;
```



mallocとfree

- malloc関数
  - 引数分のバイト長の領域を確保し先頭アドレスを返す

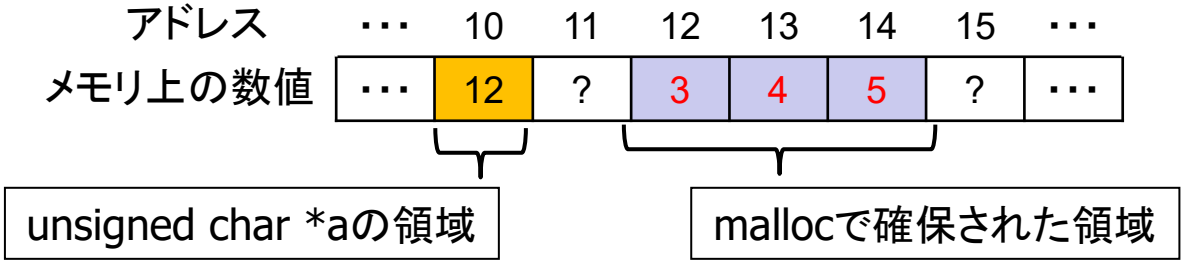
```
int main(void)
{
  unsigned char *a;
  a = malloc(sizeof(unsigned char) * 3);
```



mallocとfree

- 確保領域には静的配列と同様にアクセス可能

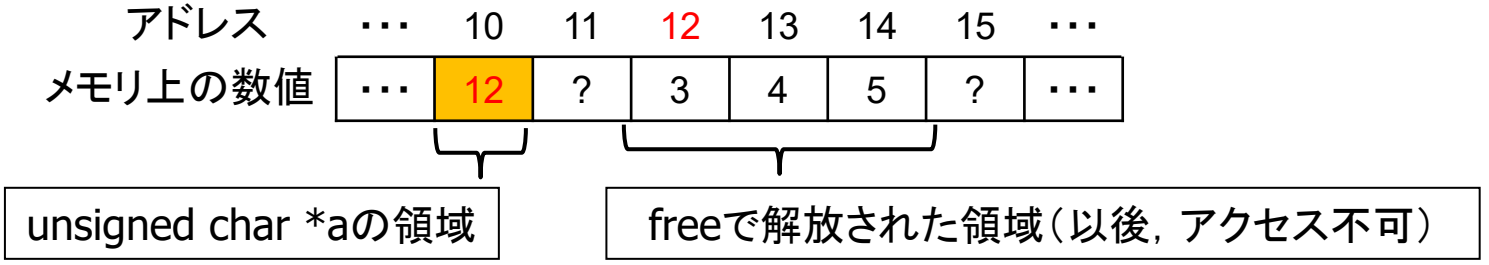
```
int main(void)
{
  unsigned char *a;
  a = malloc(sizeof(unsigned char) * 3);
  a[0] = 3;     //   *(a + 0) = 3;と書いてもOK
  a[1] = 4;     //   *(a + 1) = 4;と書いてもOK
  a[2] = 5;     //   *(a + 2) = 5;と書いてもOK
```



mallocとfree

- free関数
  - 引数で指定されたアドレスから始まる領域を解放

```
int main(void)
{
  unsigned char *a;
  a = malloc(sizeof(unsigned char) * 3);
  a[0] = 3;     //   *(a + 0) = 3;と書いてもOK
  a[1] = 4;     //   *(a + 1) = 4;と書いてもOK
  a[2] = 5;     //   *(a + 2) = 5;と書いてもOK
  free(a);
```



現状のプログラムのpBuffer

- 固定長なのでサイズが異なる画像は対応不可
- pBufferを動的に確保するよう改良

```
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

【作業課題1/7】PIXEL配列の動的確保

- IMAGE構造体のメンバを変更

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

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PIXEL *pBuffer;
} IMAGE;
```

pBuffer[49152]ではなく，
ポインタに変更

【作業課題2/7】PIXEL配列の動的確保

- 動的確保用の関数iioMallocImageBufferを新たにプロトタイプ宣言し，動作を定義

```
void iioMallocImageBuffer(IMAGE* pImage);   /* プロトタイプ宣言 */

...

void iioMallocImageBuffer(IMAGE* pImage)
{
  int i;

  pImage->pBuffer = malloc(sizeof(PIXEL) * pImage->xsize * pImage->ysize);
}
```

【作業課題3/7】PIXEL配列の動的確保

- 解放用の関数iioFreeImageBufferを新たにプロトタイプ宣言し，動作を定義

```
void iioFreeImageBuffer(IMAGE* pImage);   /* プロトタイプ宣言 */

...

void iioFreeImageBuffer(IMAGE* pImage)
{
  int i;

  free(pImage->pBuffer);
}
```

【作業課題4/7】PIXEL配列の動的確保

- iioLoadFileのヘッダ読み込みが終了した直後にiioMallocImageBuffer関数の呼び出しを追加

```
int iioLoadFile(IMAGE* pImage, const char* fname)
{
  .....
  /* ヘッダ部読み込み終了 */

  /* バッファ用メモリ確保 */
  iioMallocImageBuffer(pImage);

  /* バッファに画像データを格納 */
  fread(...);
  ....
}
```

【作業課題5/7】PIXEL配列の動的確保

- ipCopyのp_out_imageに画像サイズを設定した後iioMallocImageBuffer関数の呼び出しを追加

```
void ipCopy(IMAGE* p_in_image, IMAGE* p_out_image)
{
  int i, j;

  p_out_image->xsize = p_in_image->xsize;
  p_out_image->ysize = p_in_image->ysize;
  p_out_image->level = p_in_image->level;
  iioMallocImageBuffer(p_out_image);

    .....
}
```

【作業課題6/7】PIXEL配列の動的確保

- mainのIMAGE構造体が不要になった箇所でiioFreeImageBuffer関数の呼び出しを追加
  - _CrtDumpMemoryLeaksの直前

```
int main(int argc, char* argv[])
{
    .....

  iioFreeImageBuffer(&in_image_data);
  iioFreeImageBuffer(&out_image_data);

  _CrtDumpMemoryLeaks();

  return 0;
}
```

【作業課題7/7】PIXEL配列の動的確保

- 以上の作業後，静的確保時と同様に画像のコピーが出力されることを確認する
- サイズの違う画像ファイルimg02.ppmを講義ページからダウンロードし，入力ファイルに指定とすることで，画像サイズが変わっても対応できるかどうか確認する
  - メモリリークが起きる場合は誤りがあるため要修正
  - 画像が欠ける場合は，fread時，fwrite時，ipCopy関数内のコピー時の画像サイズの指定を再確認（定数ではなくxsizeやysizeで指定されているかどうか）

作業課題の目安: 15分

画素値の格納方法の改良
②二次元配列

現状と問題点

- pImageのpBufferを動的確保にしたため，どのような画像サイズ（xsize, ysize）でも動作する
  - iioMallocImageBuffer関数の中

```
pImage->pBuffer = malloc(sizeof(PIXEL) * pImage->xsize * pImage->ysize);
```

  - iioFreeImageBuffer関数の中

```
free(pImage->pBuffer);
```

- ただし，ある特定の画素値にアクセスする方法はまだ不便

1次元配列上のアクセス方法

- 256x192画素の画像データを格納したと仮定
- 上から3行目，左から4列目のrの画素値を100にしたい場合，1次元配列だとアクセスが面倒

```
int main(void)
{
    .....

    pImage->pBuffer[515].r = 100;


    .....
    return 0;
}
```

IMAGE構造体内のpBufferを
1次元配列として確保した場合

2次元の画素値を1次元のメモリ上に
並べているため，上から3かつ左から4は
516番目の画素となる

2次元的なアクセス方法

- 下記のコードのようにアクセスできると簡単
  - インデクスは0から開始されることに注意
  - 実装には「ポインタの配列」が必要

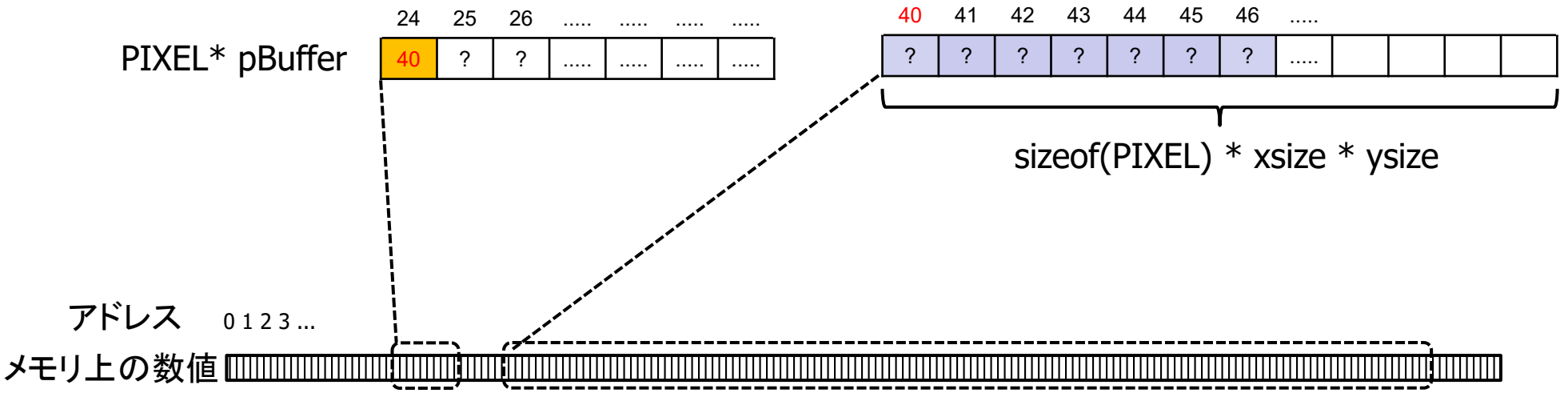
```
int main(void)
{
    .....

    pImage->pBuffer[2][3].r = 100;


    .....
    return 0;
}
```

IMAGE構造体内の画素値の配列を
2次元配列のように確保した場合

2次元の画素値を上図の矢印のような
概念でアクセスできれば簡単

1次元配列による画素値の管理

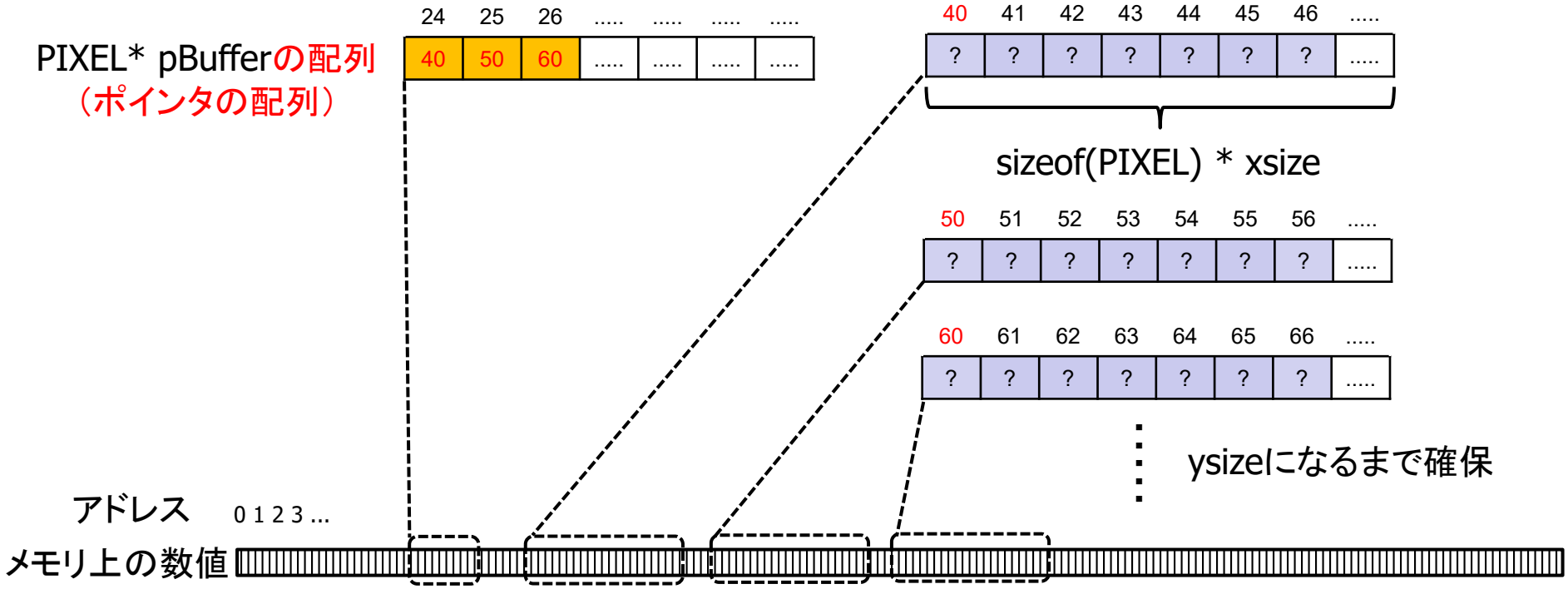
- これまでは縦×横の全画素分を一度に確保
  - 1次元配列なのでアクセスが面倒



（以後，アドレス，メモリ上の数値とも10進表記．簡単化するため全ての型は1byteを想定する．
画素数は数画素のみを想定した場合．黄色はアドレスの値，青色は画素の値を意味する．）

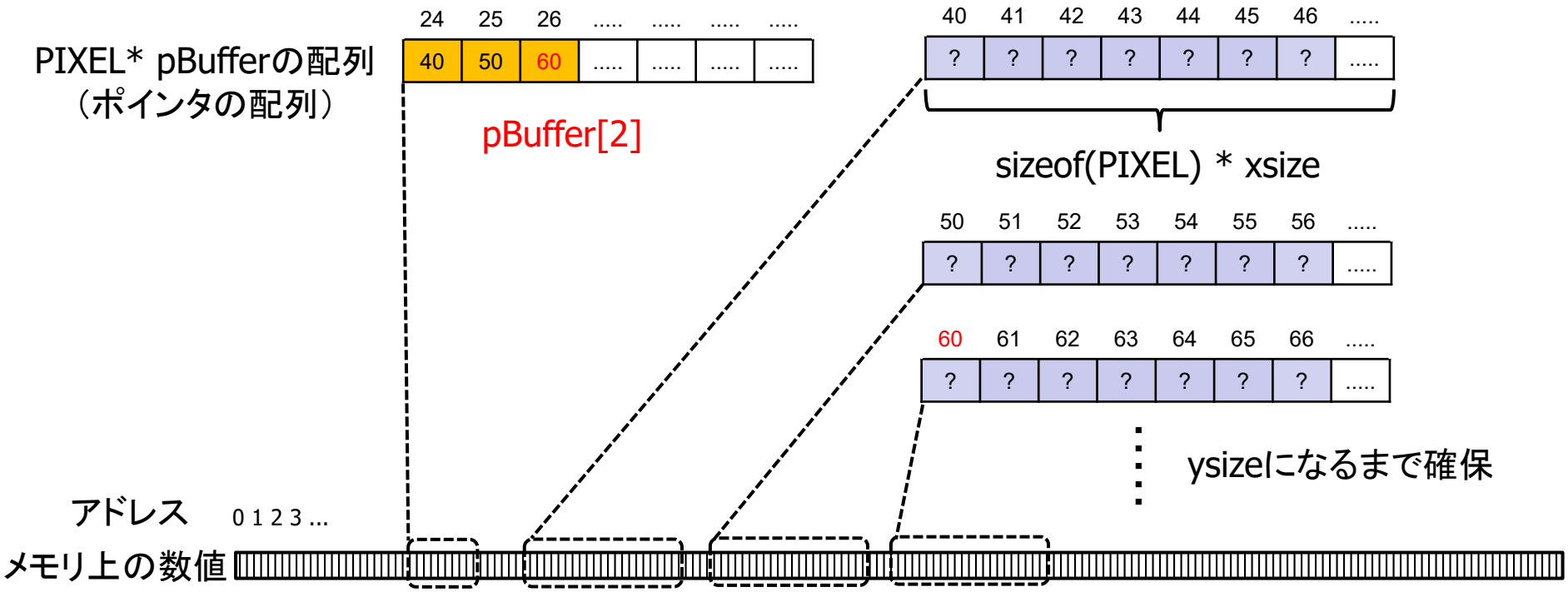
2次元配列による画素値の管理

- 1行分ごとに別々の領域で確保した方が楽
- 各領域の先頭アドレスを配列で管理



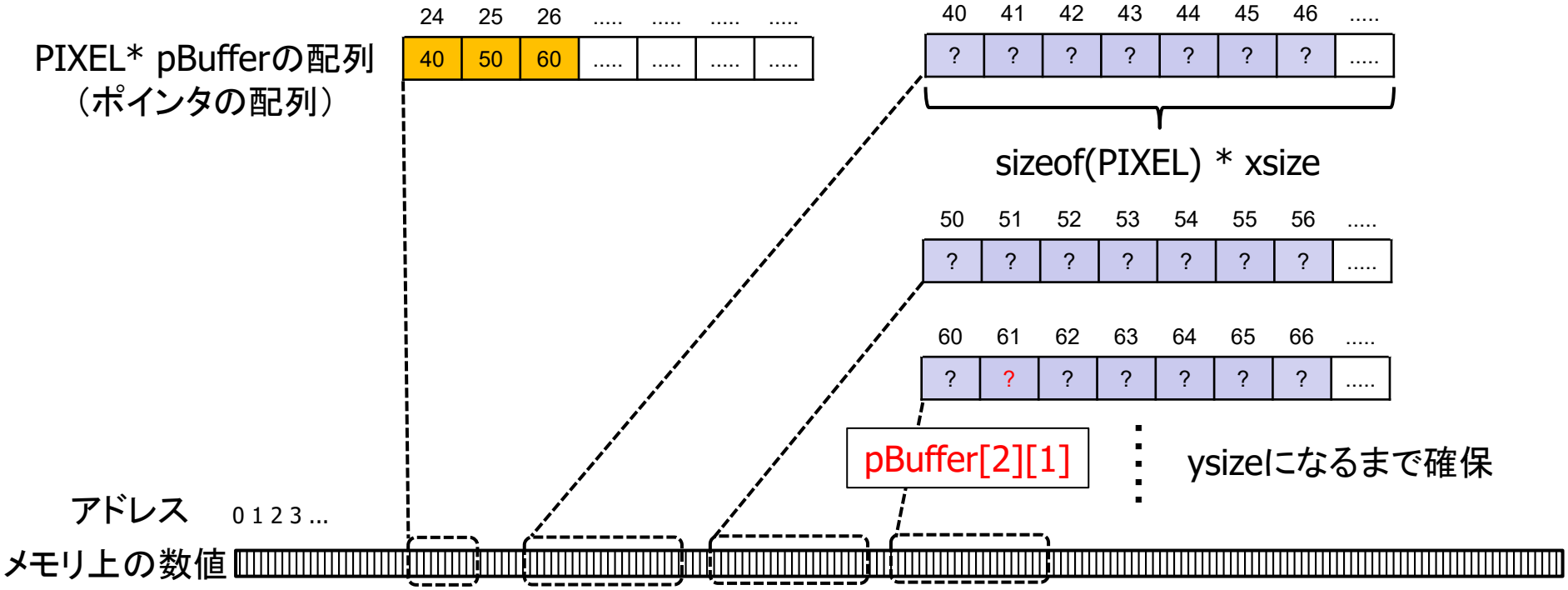
2次元配列による画素値へのアクセス

- pBuffer[2]で上から3番目の行のアドレス



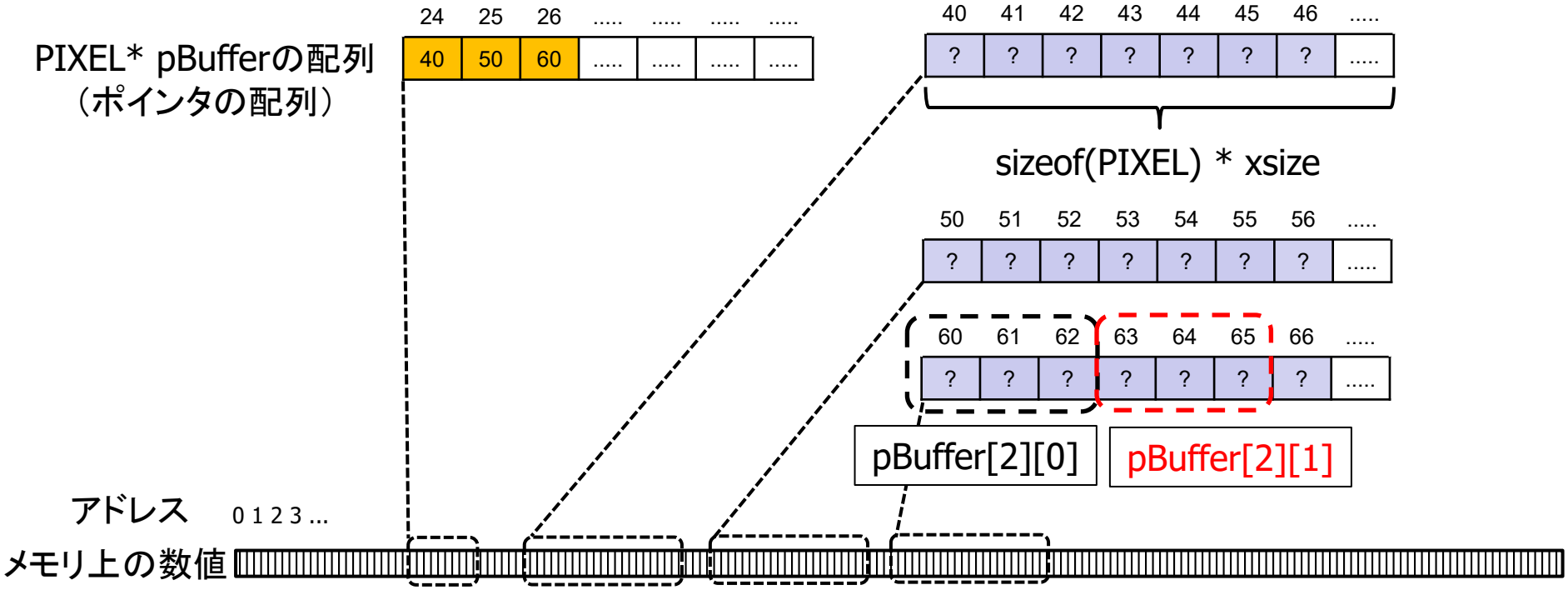
2次元配列による画素値へのアクセス

- pBuffer[2]で上から3番目の行のアドレス
- pBuffer[2][1]で上から3，左から2の画素値



より正確には

- 一つの画素は3バイト（PIXEL構造体）
  - インデクス+1で一つ先の構造体要素を参照

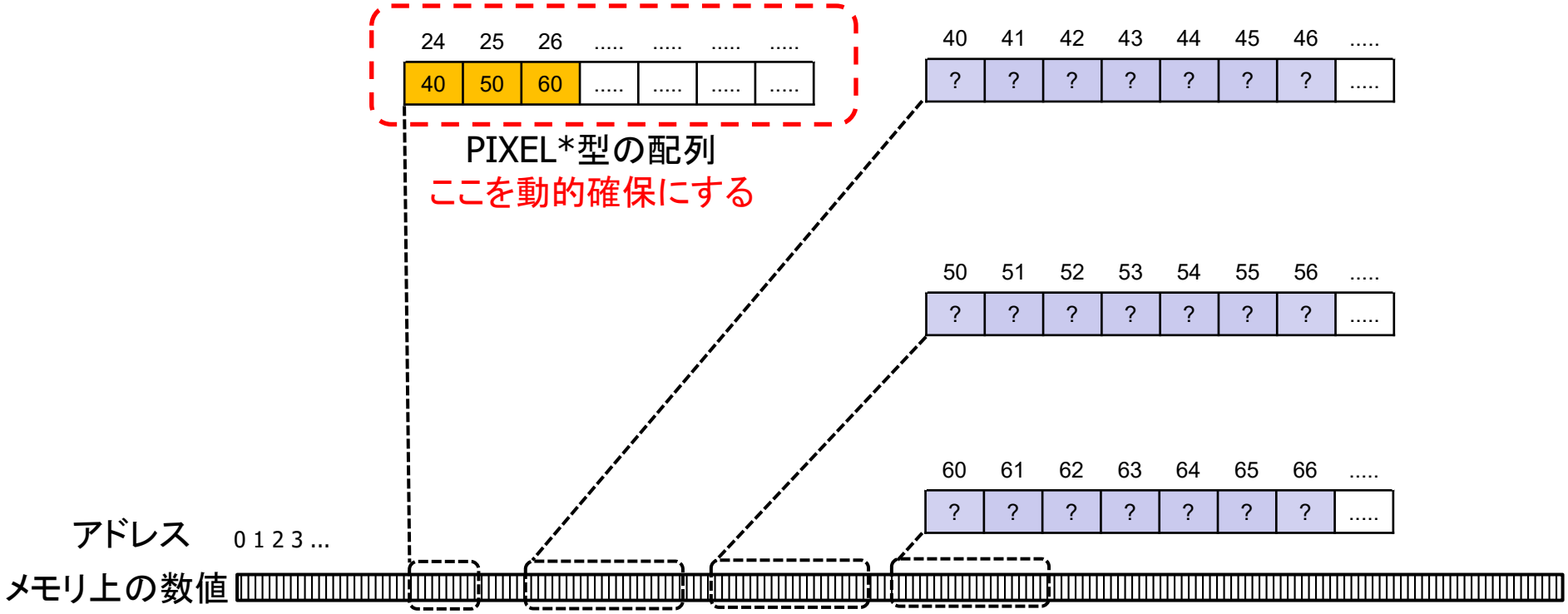


（本スライドのみ，sizeof(PIXEL)として3バイトを想定）

ポインタ配列の動的確保

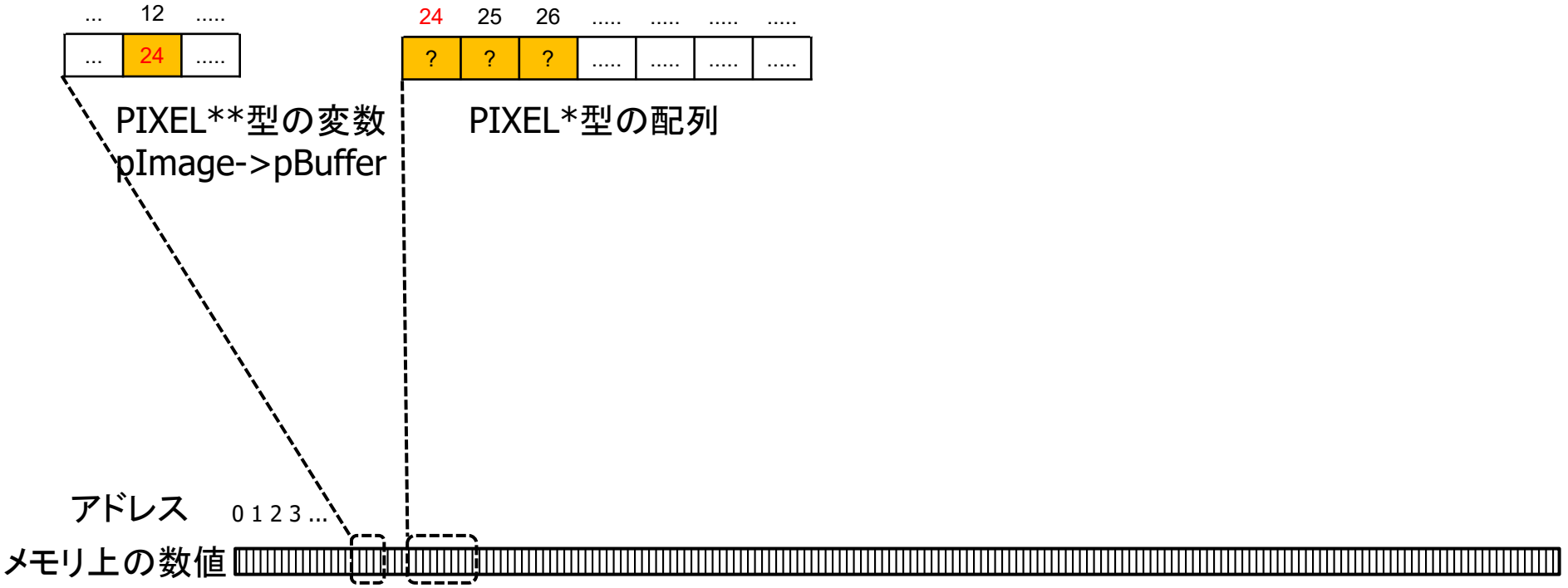
ポインタ配列の動的確保の概要

- ysizeは画像を読み込むまで不定
  - PIXEL*を各要素に持つ配列を動的確保する必要



ポインタ配列の動的確保の概要

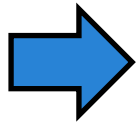
- PIXEL*を要素とする配列をmallocで確保し，PIXEL**変数に先頭アドレスを格納すればよい



ポインタ配列の動的確保の準備

- pBufferでポインタ配列の先頭アドレスを管理
  - PIXEL型の領域のアドレスを格納したい→PIXEL*
  - PIXEL*型の領域のアドレスを格納したい→PIXEL**

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

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PIXEL *pBuffer;
} IMAGE;
```



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

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PIXEL **pBuffer;
} IMAGE;
```

（補足）PIXEL *, PIXEL **

- 下記の通りPIXEL*をPPIXELと定義してもよい
  - その場合，PIXEL **pBufferはPPIXEL *pBuffer

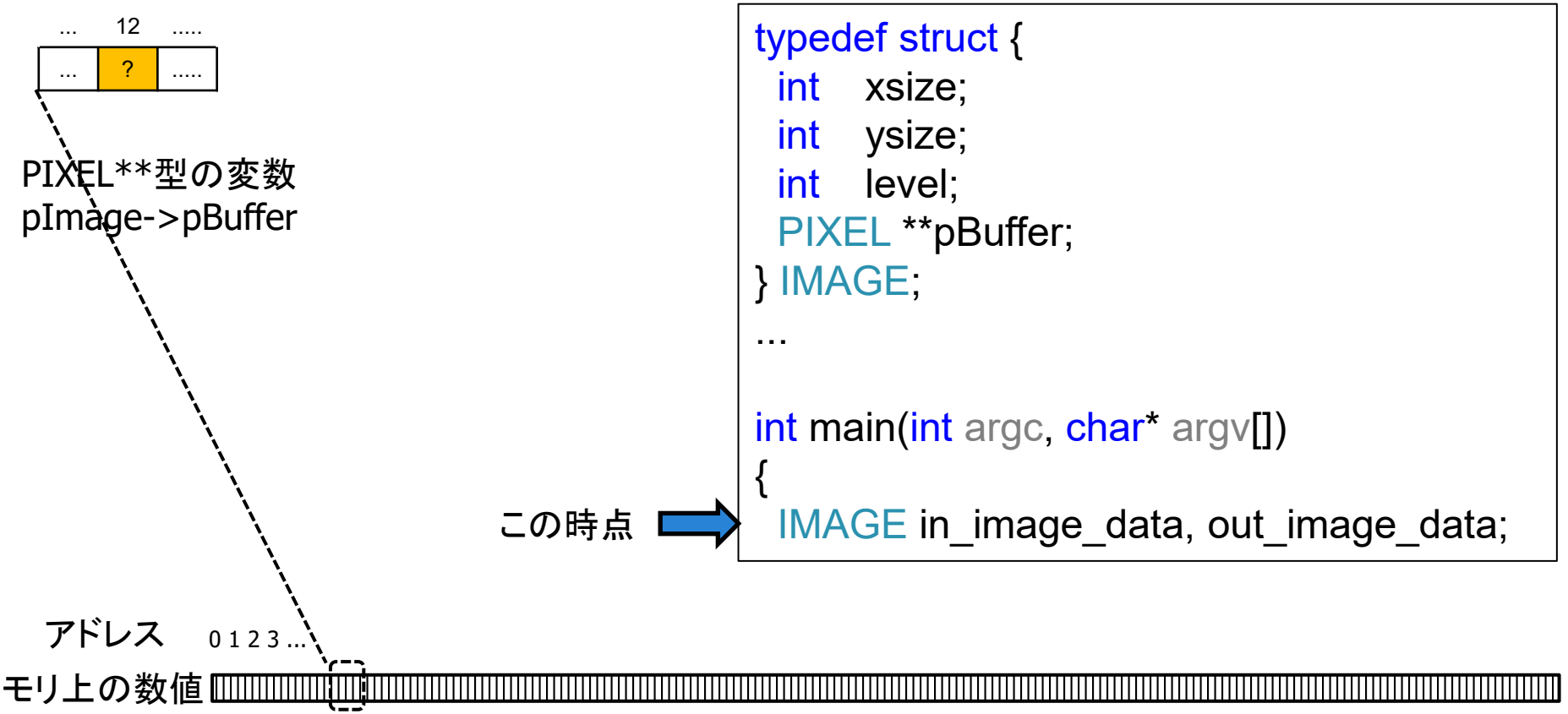
```
typedef struct {
  unsigned char r;
  unsigned char g;
  unsigned char b;
} PIXEL;

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PIXEL **pBuffer;
} IMAGE;
```

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

typedef struct {
  int    xsize;
  int    ysize;
  int    level;
  PPIXEL *pBuffer;
} IMAGE;
```

上記はどちらでもよい

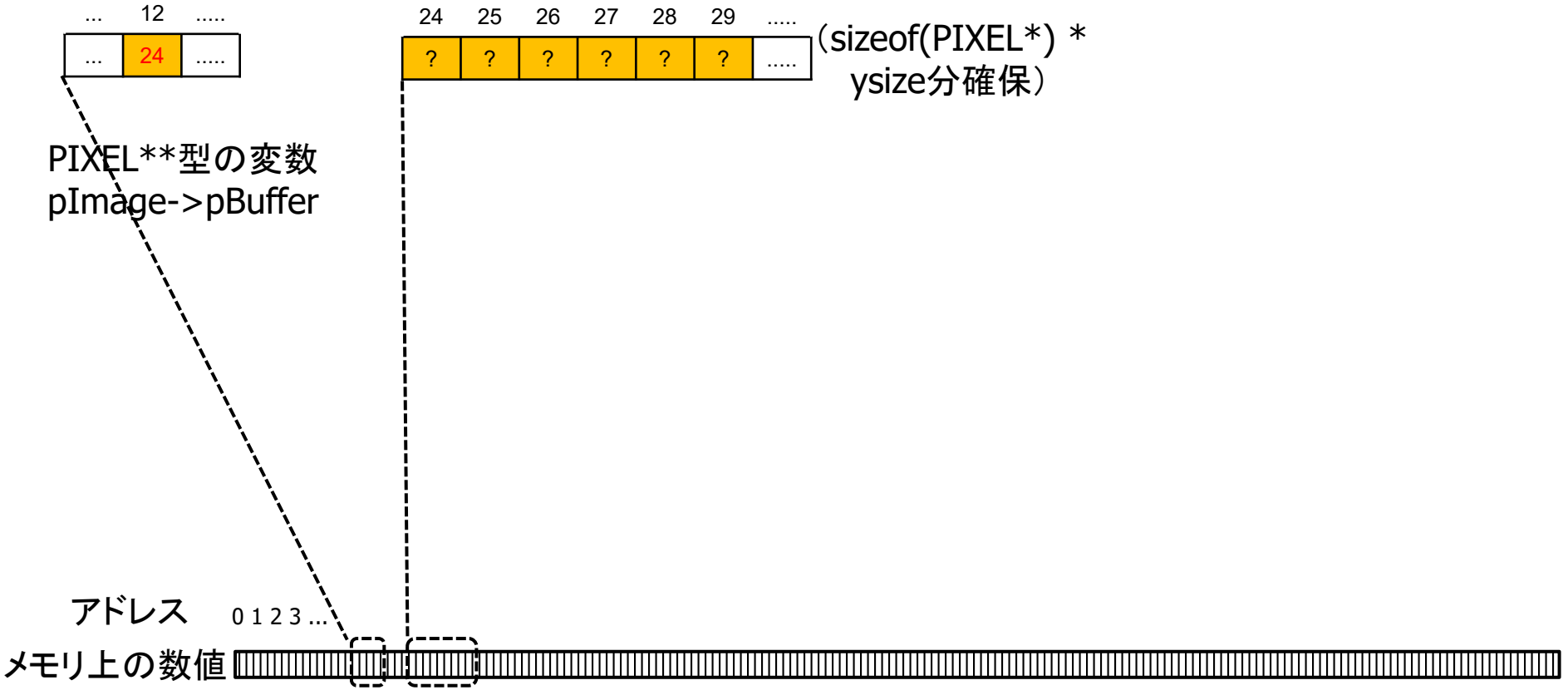
領域確保の手順

- IMAGE構造体の変数を宣言したときには，pImage->pBufferの格納場所が確保されるだけ



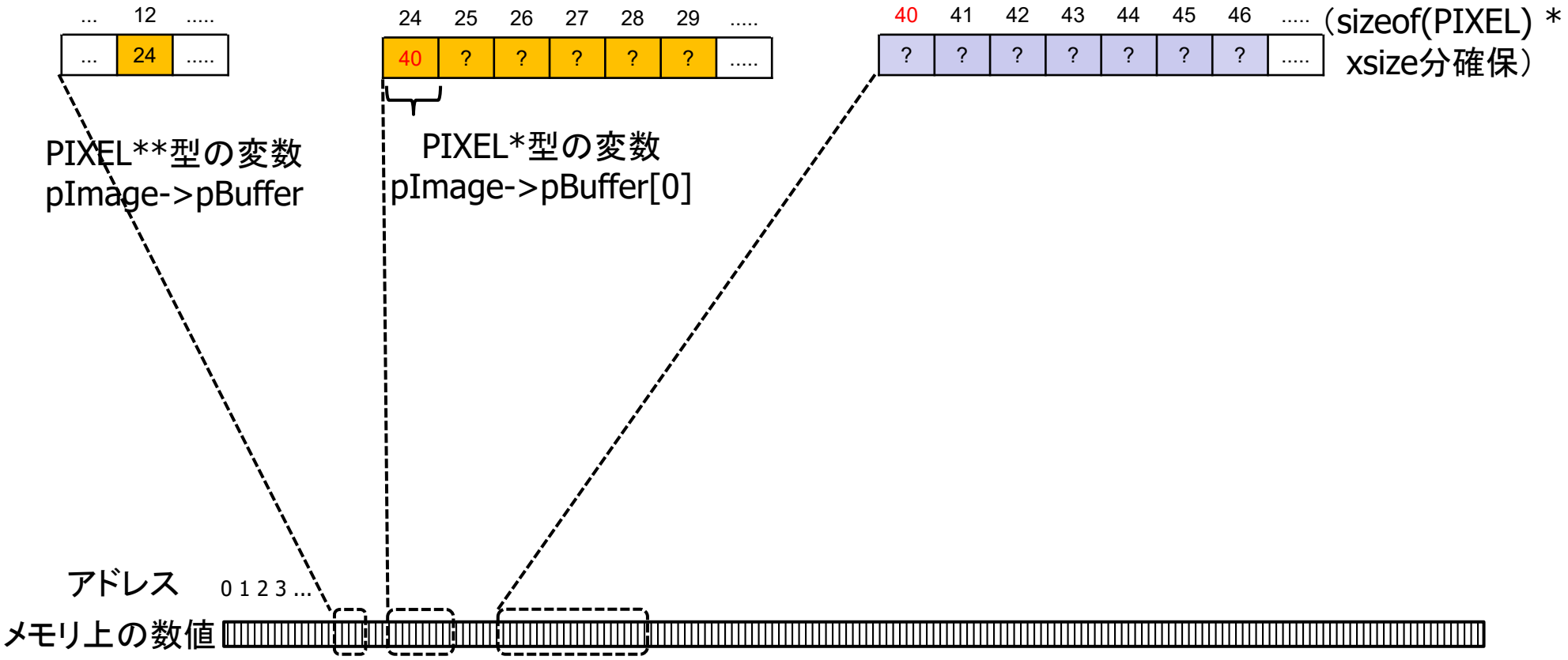
領域確保の手順

- まず，ポインタ配列をysize分だけmallocで動的確保して先頭アドレスをpBufferに格納



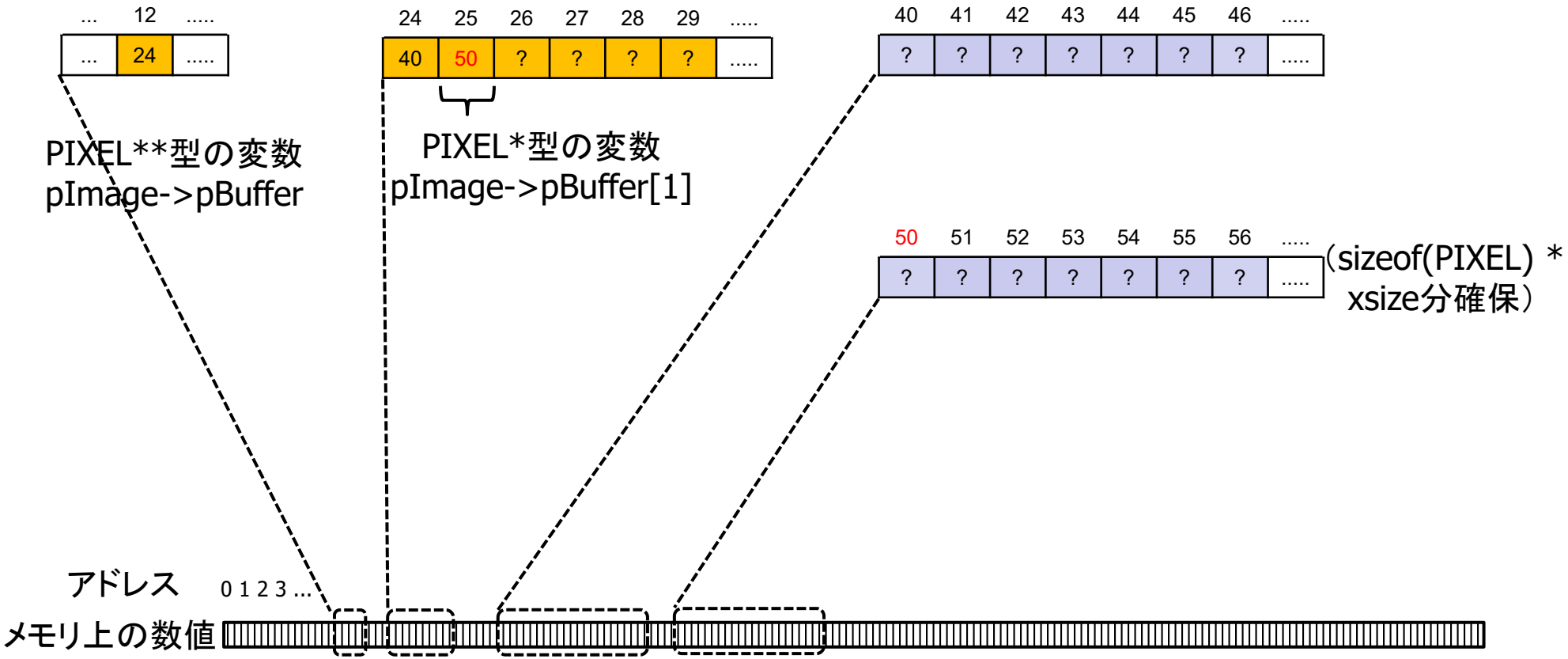
領域確保の手順

- xsize分のPIXEL構造体をmallocで動的確保して先頭アドレスをpImage->pBuffer[0]に格納



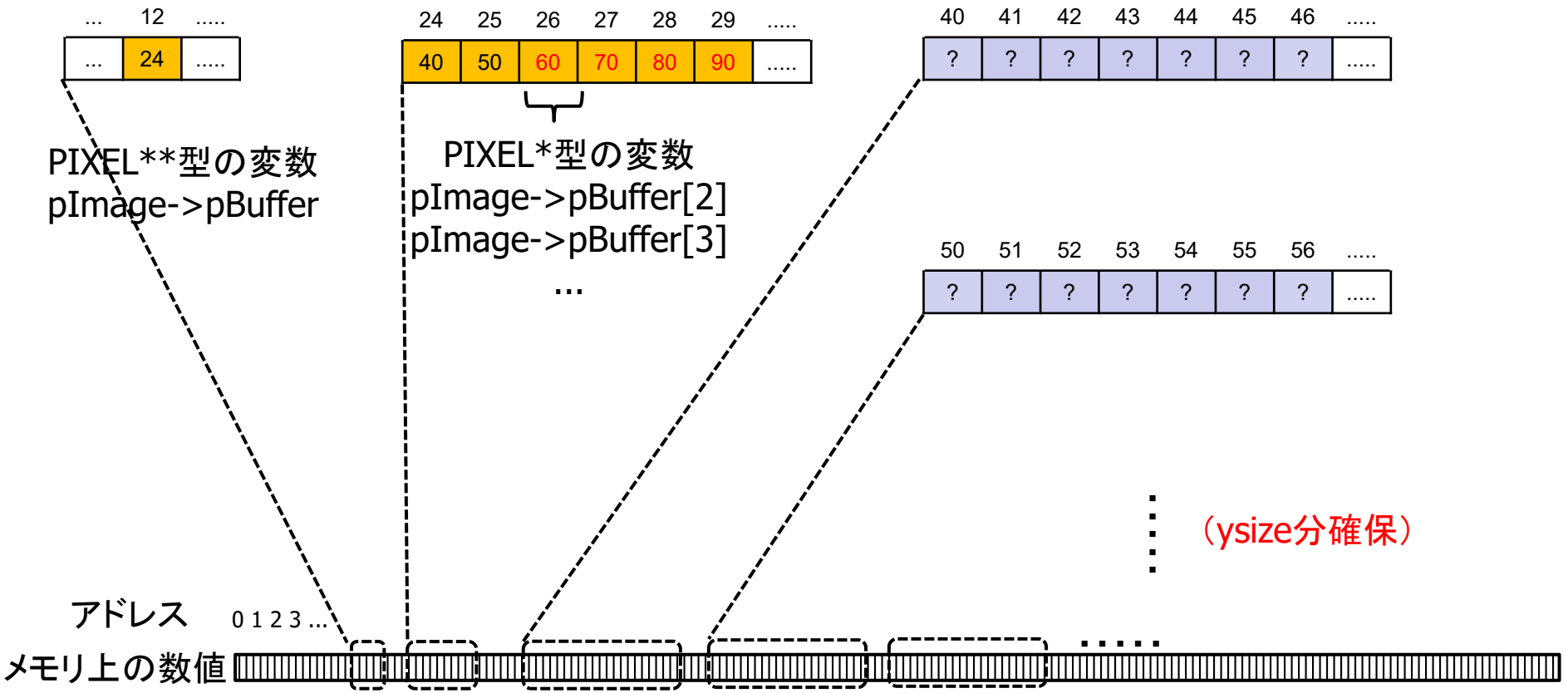
領域確保の手順

- xsize分のPIXEL構造体をmallocで動的確保して先頭アドレスをpImage->pBuffer[1]に格納



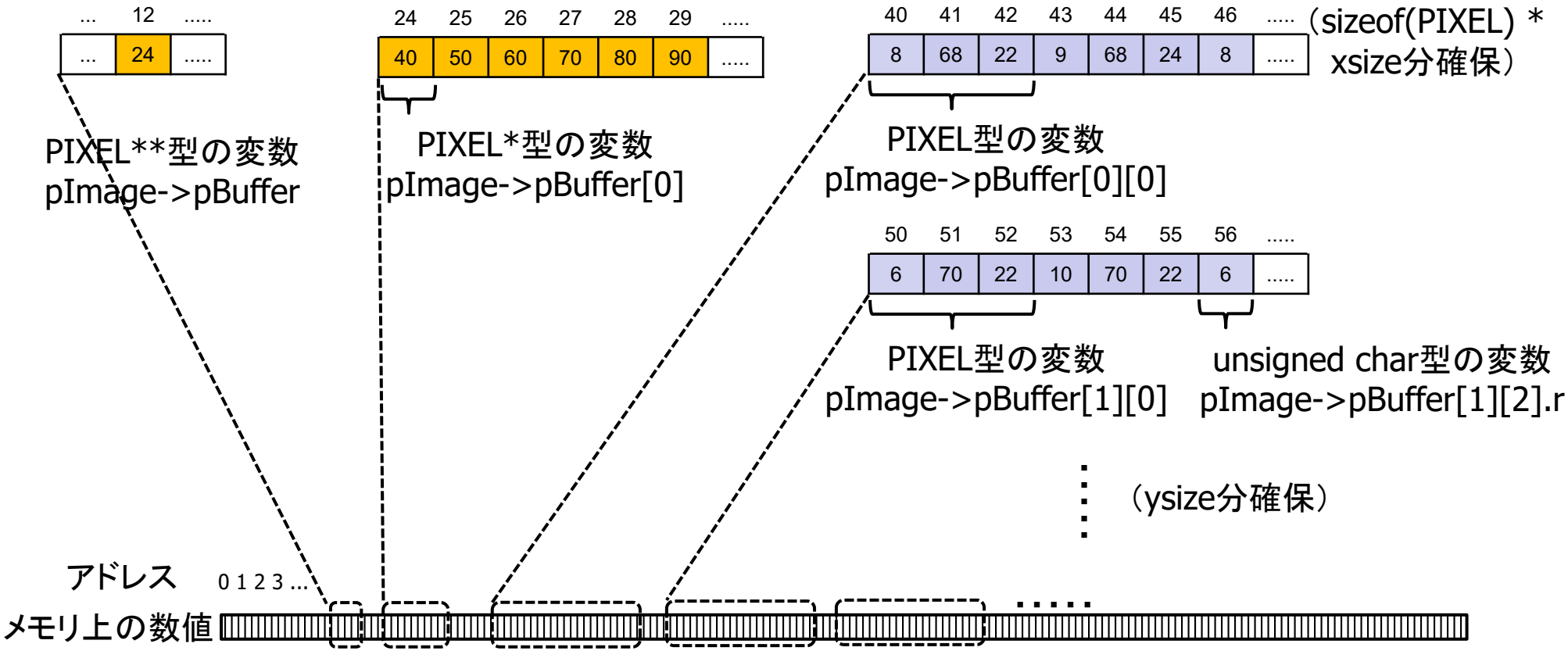
領域確保の手順

- これをysize回繰り返す



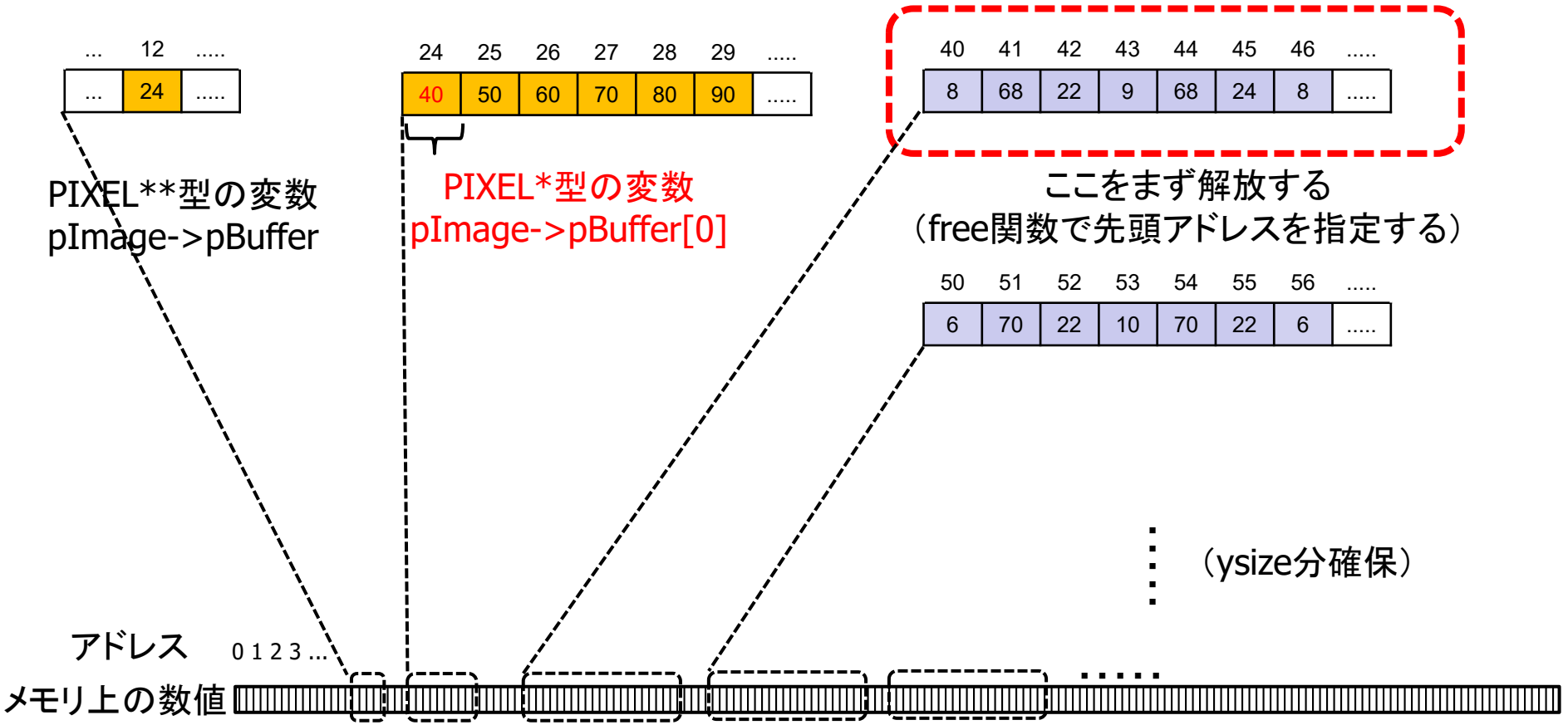
領域確保が完了したら

- 画素値の書き込み/読み込みが可能になる



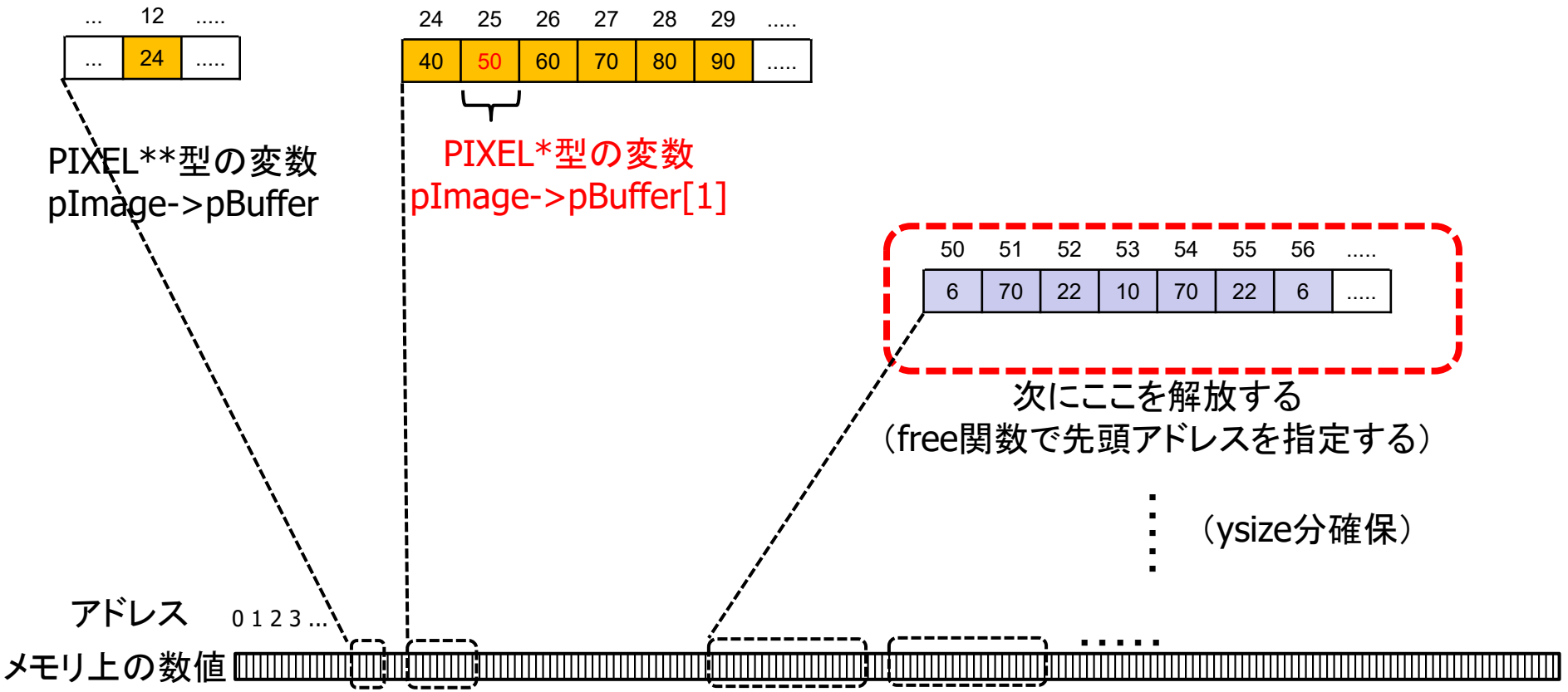
領域解放の手順

- 確保手順とは逆に，画素値の領域から解放必要



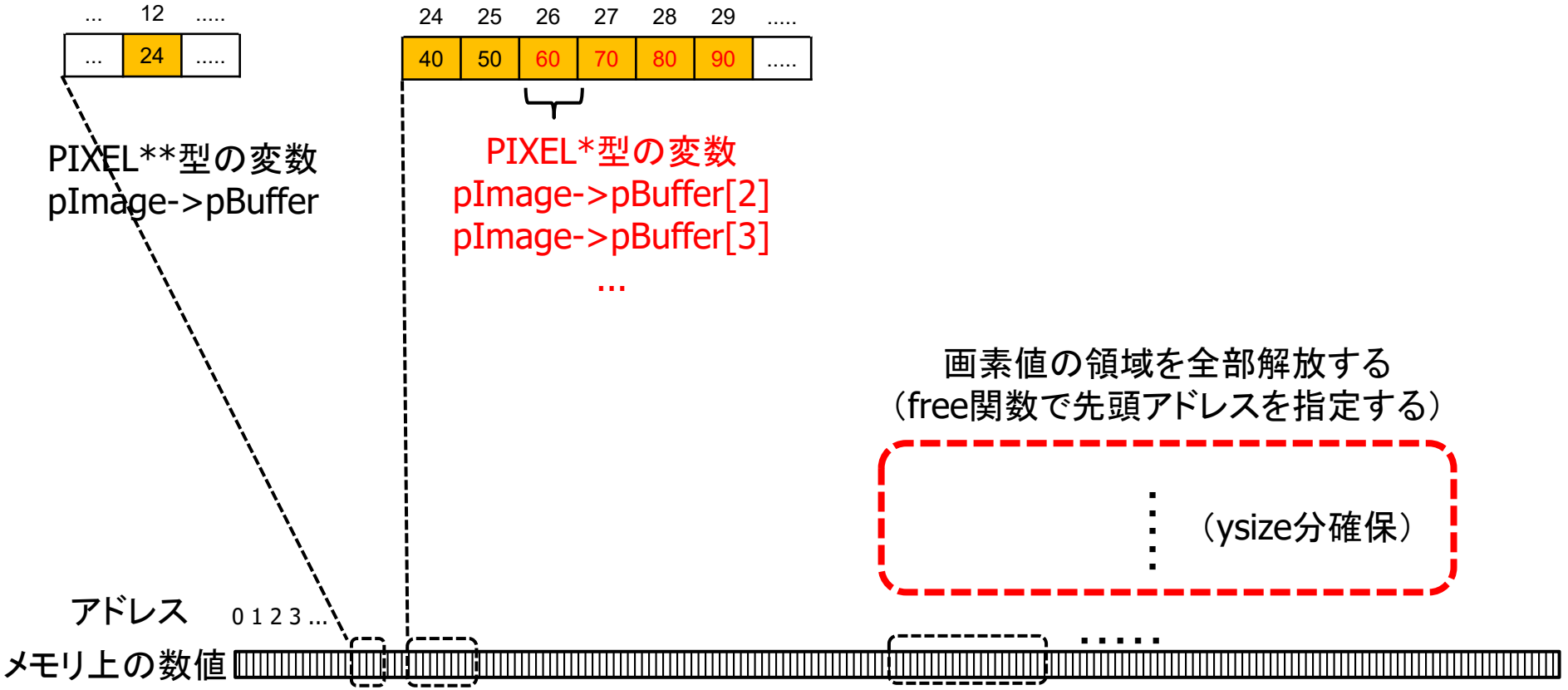
領域解放の手順

- 確保手順とは逆に，画素値の領域から解放必要



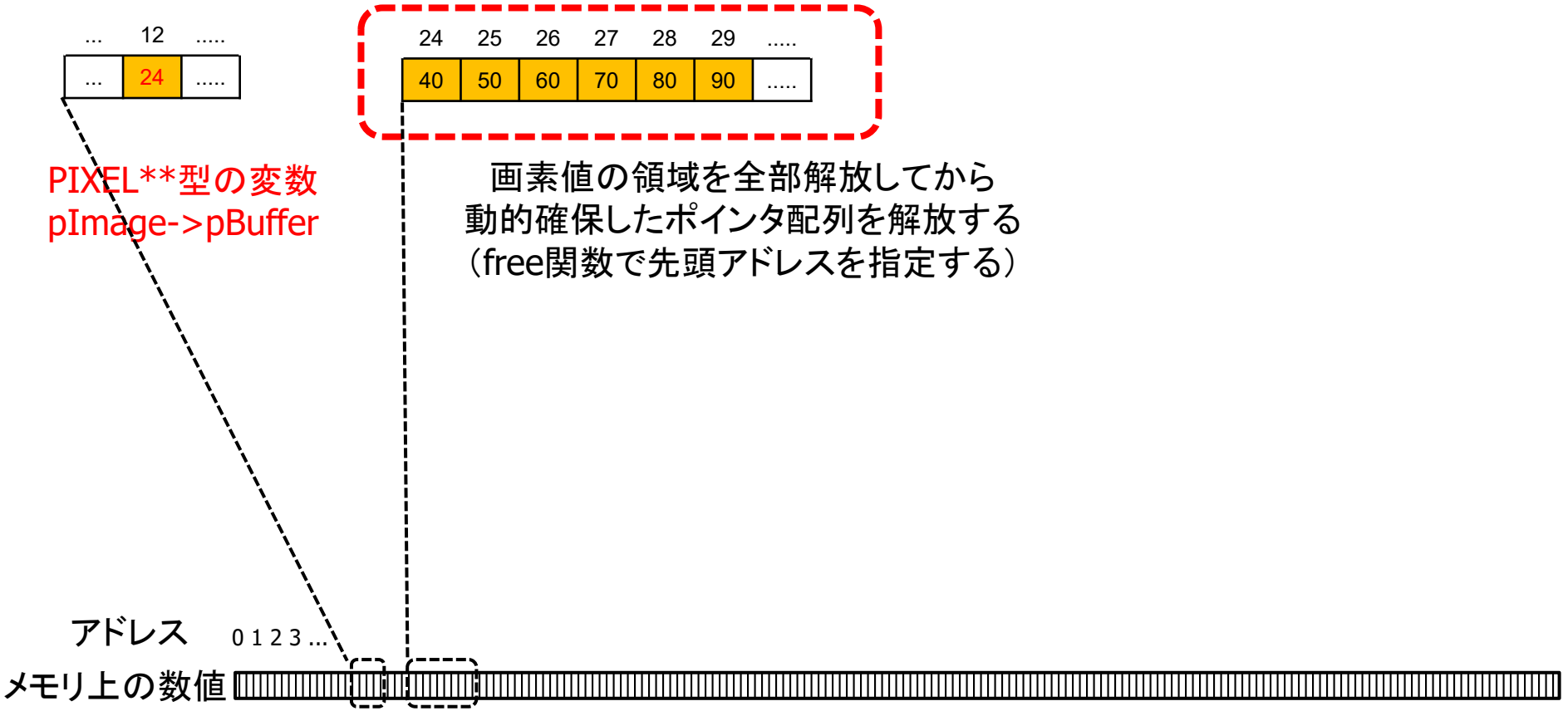
領域解放の手順

- 確保手順とは逆に，画素値の領域から解放必要



領域解放の手順

- 確保手順とは逆に，画素値の領域から解放必要



動的確保と解放の実装方針

```
void iioMallocImageBuffer(IMAGE* pImage)
{
    int i;
    pImage->pBuffer ← 各要素がPIXEL*となる長さpImage->ysizeの配列を動的確保
    for (i = 0; i < pImage->ysize; ++i) {
        pImage->pBuffer[i] ← 各要素がPIXELとなる長さpImage->xsizeの配列を動的確保
    }
}
```

```
void iioFreeImageBuffer(IMAGE* pImage)
{
    int i;
    for (i = 0; i < pImage->ysize; ++i) {
        pImage->pBufferの各要素を解放
    }
    pImage->pBufferを解放
}
```

【演習課題4_2_2】

- ポインタ配列の動的確保を利用し，IMAGE構造体のpBufferを2次元配列のようにアクセスできるよう修正する
- ipCopyの画素値コピーを下記の通り修正して，動作するプログラムにすることが目標

```
for (j = 0; j < p_in_image->ysize; j++) {
    for (i = 0; i < p_in_image->xsize; i++) {
        p_out_image->pBuffer[j][i].r = p_in_image->pBuffer[j][i].r;
        p_out_image->pBuffer[j][i].g = p_in_image->pBuffer[j][i].g;
        p_out_image->pBuffer[j][i].b = p_in_image->pBuffer[j][i].b;
    }
}
```

※rgbを分けずに p_out_image->pBuffer[j][i] = p_in_image->pBuffer[j][i];としてもよい.

【演習課題4_2_2】

- 修正箇所
  - IMAGE構造体のpBufferをPIXEL **型にする
  - iioMallocImageBufferでメモリの動的確保
  - iioFreeImageBufferでメモリの解放
  - freadとfwrite部分も書き換え必要
    - 一度に全画素を読み書きするのではなく，1行ごと(1回に横画素数分ごと)に読み書きする必要がある
  - ipCopyを前ページの通り修正
- img01.ppmとimg02.ppmのどちらもコピーできることを確認する

演習課題の目安: 20分

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
- 作業が終わったら，次週に備えてUSBメモリ等にプログラムをコピーすること