問題２　次の浮動小数点に関する記述を読み，各設問に答えよ。

コンピュータ内部では，実数値を浮動小数点形式で表現している。32 ビットの単精度浮動小数点形式は，図１のようになっており，次のように数値を表現する。

$(-1)^{符号} \times 仮数 \times 2^{指数}$

ただし仮数が 0 のときは，符号部と指数部は 0 になる。

符号部 1 ビット	指数部 8 ビット	仮数部 23 ビット

図１　単精度浮動小数点の形式

また，各部に設定する内容は次の表のようになる。

表　各部と設定値の関係

部	設定する値
符号部	数値が正のとき「0」，負のとき「1」
指数部	指数の値に 127 を加えたもの
仮数部	数値の絶対値を 2 進数で表したときに，整数部に 1 だけ残すように桁移動した結果(正規化)の小数部分を左詰めにしたもの

＜設問１＞　次の単精度浮動小数点形式への変換に関する記述中の［　　　］に入れるべき適切な字句を解答群から選べ。

10 進数の 50 を単精度浮動小数点形式で表現する。

10 進数の 50 を 2 進数で表すと，$(\boxed{(1)})_2$ となる。これを整数部に「1」だけ残るように小数点の位置を移動する。この時移動した桁数が 2 のべき乗の値となる。よって，$(-1)^0 \times (\boxed{(2)})_2 \times 2^5$ と表現できる。このことから，各部の値は次のようになる。

・符号部 … 0(正の数値)
・指数部 … ［(3)］(指数の値の 5 に 127 を加えた結果の 2 進数)
・仮数部 … 最左の 4 ビットが［(4)］，残りは全て 0

これら単精度浮動小数点形式に当てはめると図２のような 2 進数になる。

$$\underset{符号部}{0}\ \underbrace{\boxed{(3)}}_{指数部}\ \underbrace{\boxed{(4)}0000000000000000000}_{仮数部}$$

図２　10 進数の 50 を単精度浮動小数点形式で表現

図２の２進数を 16 進数で表現すると，$(42480000)_{16}$ となる。

(1) の解答群

ア．100000　　イ．111001　　ウ．110010　　エ．111000

(2) の解答群

ア．1.0000　　イ．1.1101　　ウ．1.1001　　エ．1.1100

(3) の解答群

ア．10000000　　イ．10000100　　ウ．10000110　　エ．10000111

(4) の解答群

ア．1001　　イ．1010　　ウ．1011　　エ．1100

＜設問２＞　次の単精度浮動小数点形式から 10 進数への変換に関する記述中の ［　　　］ に入れるべき適切な字句を解答群から選べ。

単精度浮動小数点形式のデータを 10 進数に変換する場合を考える。

単精度浮動小数点形式のデータを 16 進数で表現した値が $(40500000)_{16}$ であった。これを２進数に変換し，符号部，指数部，仮数部の桁数に合わせて取り出すと次のようになる。なお，各部の値は２進数で表示している。

・符号部　…　0

・指数部　…　10000000

・仮数部　…　10100000000000000000000

これにより，指数は ［(5)］，仮数は $(\boxed{\ (6)\ })_2$ であることがわかる。よって，単精度浮動小数点形式で表された 16 進数 $(40500000)_{16}$ は，２進数 $(\boxed{\ (7)\ })_2$ を変換したものであり，10 進数で表現した値は ［(8)］ である。

(5) の解答群

ア．0　　イ．1　　ウ．2　　エ．3

(6) の解答群

ア．0.010　　イ．0.101　　ウ．1.010　　エ．1.101

(7) の解答群

ア．1.01　　イ．10.10　　ウ．11.01　　エ．110.1

(8) の解答群

ア．2.25　　イ．2.5　　ウ．3.25　　エ．12.5

＜設問３＞　次の浮動小数点の誤差に関する記述中の$\boxed{}$に入れるべき適切な字句を解答群から選べ。

浮動小数点で扱う数値には以下のようなことが原因で誤差が含まれる場合がある。

・2 進数を表現するときに無限小数になる場合がある。無限小数の場合，仮数部のビット数が決まっているため，本来の値と異なる値を格納することで誤差が発生することがある。これを打切り誤差と呼ぶ。

・絶対値の差が極端に大きい数値の間で加減算を行うと，絶対値の小さい方の値が無視されてしまうことで誤差が発生する。これを$\boxed{\quad(9)\quad}$と呼ぶ。

・絶対値がほぼ等しい数値の間で，同符号の減算や異符号の加算を行うと，0 に非常に近い結果となる場合がある。これを正規化することで有効桁数が小さくなり，信用できない値が仮数部に含まれることで誤差が発生する。これを$\boxed{\quad(10)\quad}$と呼ぶ。

(9) ～ (10) の解答群

ア．アンダフロー　　イ．オーバフロー
ウ．桁落ち　　エ．情報落ち