

京都大学大学院情報学研究科  
通信情報システム専攻 修士課程入学選抜試験問題  
(平成 24 年度 10 月期入学・平成 25 年度 4 月期入学)

Admissions for October 2012 and for April 2013

Entrance Examination for Master's Program

Department of Communications and Computer Engineering

Graduate School of Informatics, Kyoto University

平成24年8月6日 13:00－16:00

August 6, 2012 13:00 - 16:00

専門基礎B  
**Problem Set B**

注意 (NOTES)

1. 解答開始の合図があるまで中を見てはいけない。
2. これは「**専門基礎B**」の問題用紙で、表紙共に18枚ある。解答開始の合図があった後、枚数を確認、落丁または不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
3. 問題は10問(B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10)ある。4問を選択して解答すること。答案用紙の問題番号欄に問題番号を記入すること。
4. 解答は問題ごとに答案用紙1枚を使うこと。答案用紙1枚に2問以上の解答もしくは1問の回答を2枚以上の答案用紙に書いた場合は無効にすることがある。なお、必要な場合「裏に続く」と明記した上で裏面を使用してもよい。
5. 答案用紙は4枚綴じのまま使用し、切り離さないこと。
6. 答案用紙の綴じ込みがはずれた場合は、直ちに申し出ること。
7. 解答は日本語または英語で行うこと。

1. Do not open the pages before a call for starting.
2. This is the “**Problem Set B**” in 18 pages including this front cover.  
After the call of starting, check all pages are in order and notify proctors (professors) immediately if missing pages or with unclear printings are found.
3. **Answer 4 of the following 10 questions;** B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, and B-10. State the Question Numbers you choose on the Answer Sheet.
4. Use one sheet for each question. If required, the reverse side may be used, stating “Over” at the end of the page. Note that in case two or more questions are answered in one sheet or two or more sheets are used for one question, they may be regarded as no answers.
5. Do not separate the pages of answer sheets; keep them bound.
6. Notify proctors (professors) immediately if the pages are separated for some reason.
7. Answer the questions either in Japanese or English.

### 専門基礎B

**B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, B-10**の10問から4問を選択して解答せよ。

### Problem Set B

Choose and answer **4 questions** out of **B-1, B-2, B-3, B-4, B-5, B-6, B-7, B-8, B-9, and B-10**.

**B-1**

以下の全ての設問に答えよ。

Answer all the following questions.

- (1) 伝送符号に関する以下の問に答えよ。

Answer all the following questions related to transmission line coding.

- (a) AMI(Alternate Mark Inversion)符号およびマンチェスタ符号それぞれの符号系列の典型的なパルス波形を図示せよ。また、それぞれの符号がデータ伝送に用いられる主な理由を1つずつ挙げよ。

Sketch typical pulse waveforms of coded sequences of Alternate Mark Inversion (AMI) code and Manchester code, respectively. Then, describe their main reasons, one for each, why they are employed for data transmission.

- (b) AMI 符号の欠点として、そのパワースペクトル密度がクロック周波数の成分を持たないことが挙げられる。そこで受信側ではある波形処理を行い、クロック周波数に線スペクトルを生じさせる。その波形処理は何と呼ばれるか。

One of the drawbacks of AMI code is that its power spectrum density has a spectral null at the clock frequency. Accordingly, at the receiver, some waveform processing is applied to reproduce the line spectrum at the clock frequency. What is this waveform processing called?

continued on next page
次 頁 へ 続 く

(c) 一般に磁気ディスクや光ディスクなどの高密度記録においては、記録シンボルに対応する信号レベルの反転間隔について、制約が課せられることが多い。すなわち、出来る限り最小のレベル反転間隔は大きくしたいという要請がある一方、最大のレベル反転間隔は小さくしたいという要請がある。それぞれの要請が行われる理由について簡潔に説明せよ。

In general, some constraints are likely to be imposed on the inversion interval of the signal level corresponding to the recorded symbol in high density storage devices such as magnetic disks and optical disks. That is, one requirement is to make the minimum level-inversion interval be as large as possible, whereas the other requirement is to make the maximum level-inversion interval be as small as possible. Explain briefly why such respective constraints are asked for.

(2) TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) はインターネットにおける通信プロトコルである。以下の問に答えよ。

The TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protocol suite is used for Internet communications. Answer all the questions below.

(a) TCP と IP が OSI (Open Systems Interconnection) 参照モデルのどの階層と対応するか示し、TCP と IP のそれぞれが実行する機能を簡潔に説明せよ。

Show where TCP and IP sit in the layered OSI (Open Systems Interconnection) reference model, and explain main functions TCP and IP perform.

(b) 以下に示す 5 種類のヘッダの情報要素を IP ヘッダと TCP ヘッダに分類し、各ヘッダ要素を簡潔に説明せよ。

Classify the following header fields (b-1) to (b-5) into IP and TCP, and explain the meaning of each field.

(b-1) Destination IP address, Source IP address

(b-2) Source port, Destination port

(b-3) Sequence number, Acknowledgement number

(b-4) Version

(b-5) Time to Live

**B-4**

真空中の直交座標系の  $z$  軸に沿う  $-\Delta l/2 < z < \Delta l/2$  ( $\Delta l \ll \lambda$ ,  $\lambda$  は波長) の半径無限小の円筒領域に、角周波数  $\omega$  の一様な電流  $I_0 e^{j\omega t}$  が流れているとする。この場合について以下の全ての問に答えよ。

- (1) 一般に、電流密度ベクトル  $\mathbf{J}e^{j\omega t}$  が作るベクトルポテンシャルは

$$\mathbf{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{J}e^{j(\omega t - kr)}}{r} dv$$

与えられる。ここに  $\mu$  は透磁率、 $k$  は波数、 $r$  は原点からの距離、 $V$  は電流源を含む体積、 $dv$  は体積密度要素を表す。上記の場合の  $\mathbf{A}$  を求め、極座標により成分表示せよ。

- (2) 磁界  $\mathbf{H}$  と  $\mathbf{A}$  の関係を示し、 $\mathbf{H}$  を極座標により成分表示せよ。
- (3) 原点から十分遠方 ( $r \gg \lambda$ ) における電磁界は、局所的に平面電磁波とみなすことができる。平面電磁波の電磁界について知ることを簡潔に述べよ (導出不要)。これらの関係を用いてこの場合の電界  $\mathbf{E}$  を求め、極座標により成分表示せよ。
- (4)  $z = -D$  に無限大完全導体平面を置く。このときの遠方における電界の大きさ  $|\mathbf{E}|$  を求め、 $D = \lambda/2$  の場合について角度  $\theta$  に対する変化の概略を図示せよ。

ヒント：ベクトル場の極座標成分表示  $\mathbf{A} = (A_r, A_\theta, A_\phi)$  に対して

$$\nabla \times \mathbf{A} = \begin{vmatrix} \frac{\mathbf{u}_r}{r^2 \sin \theta} & \frac{\mathbf{u}_\theta}{r \sin \theta} & \frac{\mathbf{u}_\phi}{r} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \theta} & \frac{\partial}{\partial \phi} \\ A_r & r A_\theta & r \sin \theta A_\phi \end{vmatrix}$$

が成り立つ。ここに  $\mathbf{u}_r, \mathbf{u}_\theta, \mathbf{u}_\phi$  は、それぞれ  $r, \theta, \phi$  方向の単位ベクトルである。

Suppose that a uniform current  $I_0 e^{j\omega t}$  of angular frequency  $\omega$  flows in a cylindrical region  $-\Delta l/2 < z < \Delta l/2$  ( $\Delta l \ll \lambda$ ,  $\lambda$  is the wavelength) with an infinitesimal diameter along the  $z$ -axis of the Cartesian coordinate system in a vacuum. Answer all the questions below.

- (1) The vector potential generated by a current density vector  $\mathbf{J}e^{j\omega t}$  in a general case is given as

$$\mathbf{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_V \frac{\mathbf{J}e^{j(\omega t - kr)}}{r} dv,$$

where  $\mu$  is the permeability,  $k$  is the wave number,  $r$  is the distance from the origin,  $V$  is the volume that contains the current source, and  $dv$  is the unit volume density. Give the polar coordinate expression of  $\mathbf{A}$  in the given case.

- (2) Give the relation between the magnetic field  $\mathbf{H}$  and  $\mathbf{A}$ , and give the polar coordinate expression of  $\mathbf{H}$ .

- (3) At a point sufficiently far from the origin ( $r \gg \lambda$ ), the electromagnetic field can be locally regarded as a planar electromagnetic wave. Describe briefly what you know about the electromagnetic field of a planar electromagnetic wave (derivation is not required). Using these relations, give the electric field  $\mathbf{E}$  for this case, and give its polar coordinate expression.
- (4) Put an infinite perfectly conducting plane at  $z = -D$ . Give the magnitude of the electric field  $|\mathbf{E}|$  in a far field for this case, and sketch its variation with angle  $\theta$  for the case  $D = \lambda/2$ .

**Hint:** The following formula holds for a polar coordinate expression of a vector field  $\mathbf{A} = (A_r, A_\theta, A_\phi)$ .

$$\nabla \times \mathbf{A} = \begin{vmatrix} \frac{\mathbf{u}_r}{r^2 \sin \theta} & \frac{\mathbf{u}_\theta}{r \sin \theta} & \frac{\mathbf{u}_\phi}{r} \\ \frac{\partial}{\partial r} & \frac{\partial}{\partial \theta} & \frac{\partial}{\partial \phi} \\ A_r & r A_\theta & r \sin \theta A_\phi \end{vmatrix},$$

where  $\mathbf{u}_r$ ,  $\mathbf{u}_\theta$ , and  $\mathbf{u}_\phi$  are the unit vectors in the direction of  $r$ ,  $\theta$ , and  $\phi$ , respectively.

下記の全ての設問に答えよ。

Answer all the following questions.

- (1) 以下に示す論理関数  $f$  について、以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to the logic function  $f$  defined below.

$$f = (a + d) \cdot (b + d) \cdot (b + \bar{d}) \cdot (\bar{a} + c)$$

- (a) 論理関数  $f$  の最小積和形表現を求めよ。

Derive a minimal sum-of-products expression of  $f$ .

- (b) 論理関数  $f$  の最小和積形表現を求めよ。

Derive a minimal product-of-sums expression of  $f$ .

- (c) 論理関数  $g = \bar{a} \cdot b + b \cdot c$  とする。 $f = g \cdot h$  を満足する全ての論理関数  $h$ の中から、積項数が最小でリテラル数が最も少ない積和形論理式を持つ論理関数の最小積和形表現を求めよ。

Assume  $g = \bar{a} \cdot b + b \cdot c$ . Among all the logic functions of  $h$  that satisfies  $f = g \cdot h$ , derive a minimal sum-of-products expression of the logic function that has the minimum number of product terms with the minimum number of literals in its minimal sum-of-products form.

- (d) 入力として、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  およびそれらの否定  $\bar{a}$ 、 $\bar{b}$ 、 $\bar{c}$ 、 $\bar{d}$  が与えられるものとする。最小個数の NAND ゲート (2 入力もしくは 3 入力) を用いて、論理関数  $f$  を出力とする論理回路を示せ。

Assume  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  and their complements  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$ ,  $\bar{c}$ ,  $\bar{d}$  are available as inputs. Derive a logic circuit that realizes  $f$  with the minimum number of 2-input and/or 3-input NAND gates.

continued on next page
次 頁    へ    続    <

- (2) 1 ビットの信号を伝送する通信路がある。この通信路が正常に動作している場合、1 の信号が2 個以上連続する際には連続する個数が必ず偶数となる。この通信路の信号 ( $x$  と表記する) を監視し、上記の制約に合致しないことがわかった時点で出力  $z$  に 1 を、そうでない場合に 0 を出力する Mealy 型同期式順序回路を設計する。この回路では、例えば 01011100 が入力された場合、その出力は 00000010 となる。以下の問に答えよ。

There is a serial binary communication channel. When the channel operates correctly, all blocks of two or more consecutive 1's are of even length. We are going to design a Mealy-type synchronous sequential circuit that monitors a signal  $x$  on the channel and produces an output  $z = 1$  whenever a discrepancy from the above constraint on the number of consecutive 1's is detected. For example, an input sequence of 01011100 produces an output sequence of 00000010. Answer all the following questions.

- (a) この回路の動作を表す状態遷移図を示せ。

Derive a state transition diagram of the circuit.

- (b) この回路について、状態数を最小化した状態遷移表と出力表を示せ。状態数が最小であることをどのようにして確認したかを説明せよ。また、101110 が入力された場合の状態遷移を説明し、出力が 000001 となることを示せ。

Show the state transition table and the output table with the minimum number of states. Explain how you verify that the number of states is minimal. Also, when the input sequence of 101110 is applied, explain the state transition and verify the output sequence of 000001.

- (c) この回路を最も少ない数の D フリップフロップを用いて実現する。各フリップフロップの入力を与える論理関数の最小積和形表現を求めよ。なお、D フリップフロップの初期値は 0 とする。また、D フリップフロップの出力と入力を表す論理変数をそれぞれ  $q$  と  $d$  で表し、各フリップフロップは添字 1, 2, ... で区別せよ。状態割り当てを明記すること。

We would like to realize the circuit with the minimum number of D flip-flops. Derive the excitation function of each D flip-flop in a minimal sum-of-products form. Here, the initial value of a D flip-flop is assumed to be 0, and logic variables of the output and the input of a D flip-flop are  $q$  and  $d$ , respectively. D flip-flop(s) should be distinguished by subscripts 1, 2, ... The state assignment should be explained clearly.

- (d) この回路の出力  $z$  を与える論理関数の最小積和形表現を求めよ。

Derive the output  $z$  in a minimal sum-of-products form.

# B-6

以下の全ての設問に答えよ。

Answer all the questions below.

- (1) キャッシュメモリの構成方式は、ダイレクトマップ方式 (D), セット・アソシアティブ方式 (S), フル・アソシアティブ方式 (F) に分類される。次の問に答えよ。すべての問において、理由を簡潔に述べること。

Cache memory organizations are classified as direct mapped (D), set associative (S), and fully associative (F). Answer the following questions. In each question, explain the reason briefly.

- (a) キャッシュ置き換えに自由度のない方式は、(D), (S), (F) のうちどれか。  
Among (D), (S), and (F), which has no choice for cache replacement?
- (b) 代表的なキャッシュ置き換えアルゴリズムを二つ挙げ、それらの方法と得失、および (D), (S), (F) に対する適性について具体的に説明せよ。  
List two typical cache replacement algorithms, and explain concretely these algorithms, their advantages and disadvantages, and their suitability for (D), (S), and (F).

- (c) 32 ビット語長の計算機における、2-ウェイ セット・アソシアティブキャッシュの一部が図 (a) のようになっているものとする。タグは 16 ビット、セット番号 (インデックス) が 12 ビット、キャッシュの 1 ブロックは 4 語からなっている。次の問いに答えよ。

A part of a two-way set-associative cache of a 32-bit/word processor is shown in Figure (a). It has a 16-bit tag field and a 12-bit set number (index) field, and has four words in a cache block. Answer the following questions.

- i. メモリアドレスのバイトオフセットは、何ビットであるか。  
Answer the number of byte-offset bits.
- ii. このキャッシュメモリを実現するのに必要なメモリの総容量はいくらか。ただしキャッシュ内容が有効であることを表すビット等のフラグを算入する必要はない。  
Answer the total capacity of the memory that is needed to realize this cache memory. It is not necessary to take account of flags such as valid bit.
- iii. アドレス 07a7a7b4 (16 進数) の読み出しアクセスはヒットするか。ヒットする場合、キャッシュから読み出される値を答えよ。図 (a) からヒットかミスかが判断出来ない場合は、理由とともにその旨答えよ。  
Answer whether a read access to the address 07a7a7b4 (hexadecimal) hits or not. If hits, answer the data to be received from the cache. If it is not clear whether the access hits or not from Figure (a), describe the reason.

タグ Tag (2 進数 /binary)	セット番号 Set number (2 進数 /binary)	ブロック内の語の値 Contents of words in a block (16 進数 /hexadecimal)			
		11	10	01	00
1010 0111 1011 0100	1010 0111 1001	3c4ad826	9531cf2c	7c5d7de8	43e438a1
1010 0111 1010 0111	1010 0111 1001	92551a80	91da0a1b	a303b87b	41ade5c2
1010 0111 1011 0100	1010 0111 1010	ed60e6c7	53fe29b5	efb7358f	b4148232
0111 1010 0111 1011	1010 0111 1010	46727713	092865b0	88af4573	1674f2db
0111 1010 0111 1010	1010 0111 1011	1edd6fc5	dff1ccd6	9699516b	e7d5bb36
0000 0111 1010 0111	1010 0111 1011	0c6d9f9e	fda4bff4	844c0147	eb5e68f3
0000 0111 1010 0111	1010 0111 1100	8c7579ec	66583352	566c029b	5940693f
1010 0111 1011 0100	1010 0111 1100	fa78aecd	d99a22a5	a234c1f5	bc9c8db3

図 (a): キャッシュメモリ  
Figure (a): Cache Memory



(2) 割り込みについて，以下の問に答えよ。

Answer the following questions related to interrupt.

(a) 割り込みとは何か説明せよ。割り込みが必要な理由を述べよ。

Explain the word “interrupt.” Explain the reason why interrupt is needed.

(b) システムコール (スーパーバイザコールとも言う) とは何か説明せよ。システムコールが必要な理由を述べよ。

Explain the word “system call” (or “supervisor call”). Explain the reason why system call is needed.

2本の読み書きテープを有するチューリング機械 (2TM) に関して以下の設問に答えよ。

(1) 2TM の形式的定義を与えよ。細部 (例えばテープの1方向無限か、2方向無限か等) に関しては適当に設定して良い。

(2)  $\{0, 1\}$  上の言語  $\{10^n 10^{2^n} \mid n \text{ は非負整数} \}$  を認識する出来るだけ高速な 2TM を与えよ。より高速な解答がより良い点数を与えられる。なお、

$$1 \cdot 2^{n-1} + 2 \cdot 2^{n-2} + 3 \cdot 2^{n-3} + \cdots + n \cdot 2^0 \approx 2^{n+1}$$

であることに注意せよ。状態遷移関数を書き下す必要はない (逆に状態遷移関数だけの解答は点数を全く得られない危険性がある)。アイデアを分かり易く説明すること。

(3) 標準の1本の読み書きテープを有するチューリング機械を 1TM で表す。1TM で認識する場合の計算時間が、2TM で認識する場合の計算時間よりも本質的に大きくなってしまうような言語の例を挙げよ。厳密な証明は必要ないが、理由を必ず書くこと。

なお、質問は一切受け付けない。問題に不審のある場合はそのことを明記し、妥当な仮定を設定して解答すること。解答は細部にこだわりすぎるよりは、アイデアを分かりやすく説明することが重要である。ただ、説明が大雑把過ぎて基本的事項を誤解していると採点者が判断することが無いように注意すること。

Answer the following questions about Turing machines with two read-write tapes (2TM).

(1) Give a formal definition of a 2TM. Details, such as the one-way infiniteness or two-way infiniteness of the tapes, may be determined appropriately by yourself.

(2) Give a 2TM that recognize language  $\{10^n 10^{2^n} \mid n \text{ is a nonnegative integer} \}$  over  $\{0, 1\}$ . Your 2TM should be as fast as possible and the faster your solution is the higher score you will get. Note that

$$1 \cdot 2^{n-1} + 2 \cdot 2^{n-2} + 3 \cdot 2^{n-3} + \cdots + n \cdot 2^0 \approx 2^{n+1}.$$

You do not have to write down the state transition function; rather note that an answer that includes only a state transition function will not get any score. Namely you need to explain your basic idea carefully.

(3) Give an example of a language for which the standard Turing machine with one read-write tape (1TM) needs significantly more computation time than 2TM. Formal proof is not needed but a good justification of your answer is needed.

Your questions about the problem will NOT be answered. If you think there is a flaw in the problem, first make it clear. Then make some reasonable assumption or correction and give your answer. Your answer should be easy to read, namely it is more important to make the basic idea clear rather than to go to too much details. At the same time, if your answer is too sloppy, it would cause a doubt that you are making some fundamental misunderstanding or confusion.

マルチタスクオペレーティングシステムにおけるタスク管理に関して以下の全ての間に答えよ。  
Answer all the following questions on task management in multitask operating systems.

- (1) タスクがとる 3 つの状態を説明し、状態間の遷移を表す状態遷移図を示せ。

Explain the three states of tasks, and show the state transition diagram representing the transitions among the states.

- (2) (1) で示した状態遷移それぞれについて、どのような要因で遷移が生じるかを説明せよ。

For each state transition described in (1), explain what kind of events make the transition occur.

- (3) 多重レベルフィードバック待ち行列によるタスクスケジューリングアルゴリズムについて説明せよ。

Explain the task scheduling algorithm using a multilevel feedback queue.

**B-9**

大学に関するデータベースのスキーマを設計し、そのスキーマ上の問合せを考える。以下のすべての問に答えよ。

Let us design a database schema for a university, and consider queries on the schema.

Answer all the questions below.

(1) 以下の四つの条件を満足するデータベーススキーマを ER 図で表現せよ。

- 各教員は高々一つの学科に所属する。
- 学科は高々一つの学部 to 所属する。
- 学部には年度ごとに一人の教員が学部長として任命される。
- 教員が各年度に教える科目数に制限はない。

条件が不足している場合は適宜追加しそれらを説明すること。特殊な記号を図中で用いる場合はその説明を加えること。

Draw an ER diagram which represents a database schema satisfying the four conditions below.

- Each faculty member belongs to at most one department.
- Each department belongs to at most one school.
- A faculty member is appointed a dean of a school in each academic year.
- There is no limitation on the number of courses each faculty member teaches in one academic year.

If some conditions are missing, add appropriate conditions and explain them. Add explanation for special notations used in the diagram.

(2) (1)で得られた ER 図に対応する関係データベーススキーマを設計せよ。設計の過程を詳細に説明すること。また、得られた各関係スキーマの正規形について論じよ。

Design a relational database schema which corresponds to the ER diagram obtained in (1). Explain process of the design in detail. Discuss the normal form for each relational schema obtained.

(3) (2)で求めた関係データベーススキーマ上の以下の問合せを関係代数で表現せよ。

- (a) 教員が学部長である年度に教えた科目とその年度を求めよ。
- (b) ある年度に 3 科目以上の科目を教えた教員の名前とその年度を求めよ。

Write the following queries in relational algebra on the relational database schema obtained in (2).

- (a) Obtain the courses and the academic years such that a faculty member taught the course during she or he was a dean.
- (b) Obtain the names of faculty members and the academic year such that she or he taught three or more courses in the year.

敵対探索に関する以下の5つの問いに答えよ。

- (1) チェスなどの2人ゲームの問題空間の表現法について説明せよ。
- (2) 2人ゲームに対するミニマックスアルゴリズムについて説明せよ。
- (3) 一般には、2人ゲームの問題空間は膨大となり、ミニマックスアルゴリズムをそのまま適用することはできない。このような場合に、良い意思決定を行う方法について説明せよ。
- (4) バックギャモンなどのゲームでは、サイコロを振るといった偶然性の要素が含まれる。このようなゲームにおける意思決定法として「期待ミニマックスアルゴリズム」が知られている。期待ミニマックスアルゴリズムについて説明せよ。
- (5) 期待ミニマックスアルゴリズムを考える。各ゲーム状態の評価値に対して、順序関係を保存する変換が行われる場合に、指し手の選択が変化するかどうかを説明せよ。

Answer the following five questions about adversarial search.

- (1) Explain how to represent a problem space of two-player games such as chess.
- (2) Explain the minimax algorithm for two-player games.
- (3) The problem space of a two-player game often becomes huge and it is difficult to apply the minimax algorithm as it is. Explain how a good decision can be made in this situation.
- (4) Games such as backgammon include a random element such as the throwing of dice. The “expectiminimax” algorithm is known as a method to find a good move in such a game. Explain the expectiminimax algorithm.
- (5) Consider the expectiminimax algorithm. Explain whether the choice of move remains unchanged in a game tree if an order-preserving transformation is used in evaluating the value of each game state.