

問8 道路交通信号機の状態遷移設計に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

L社は道路交通信号機（以下、信号機という）のシステム開発を行っている会社である。このたび、交差点Zの信号機制御システムを受注した。

交差点Zでは東西方向の主道路と南北方向の従道路が交差しており（図1）、主道路、従道路、及び主道路にかかる横断歩道の信号機をそれぞれ、主道路信号、従道路信号、及び歩行者信号という。従道路信号は主道路信号と連動して制御される。

歩行者信号の表示は“青”、“青点滅”、“赤”の3種類、主道路信号の表示は“青”、“黄”、“赤”、“右”の4種類である。“右”は右折だけ可能な状態であり、このときは、“赤”も同時に点灯する。

歩行者信号は、昼間は主道路信号と同期するが、夜間は常時“赤”となり、歩行者用押しボタンを押した場合（以下、ボタン押下という）だけ“青”になる。ボタン押下は各信号に通知される。ボタン押下された場合、主道路信号の“青”を短くすることで、歩行者の待ち時間を短くするよう考慮する。

L社の担当者M君は、各信号の状態遷移の仕様を表で整理した後、状態遷移図で示し、信号機の制御ソフトウェアを作成することにした。

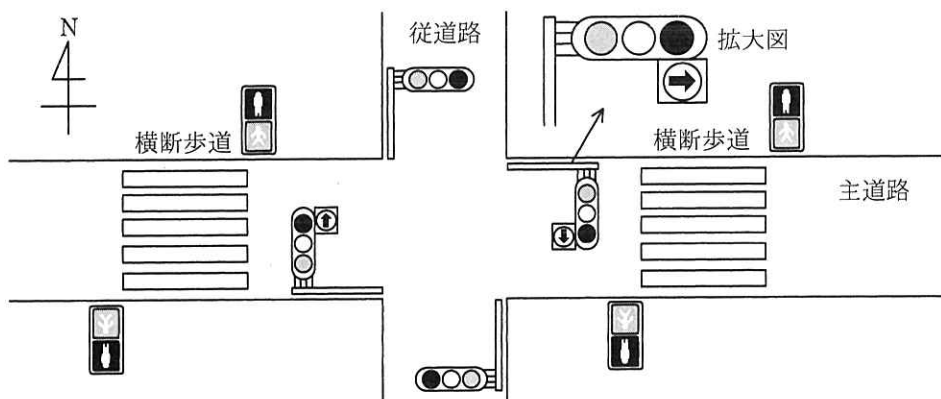


図1 交差点Zにおける道路と信号機

[信号機の仕様と状態遷移図]

各信号は、所定の秒数を格納したタイマを使って、状態を変化させる。タイマはセットされた直後からカウントダウンして0になった時点で終了し、次の処理手順へ

移行する。また、複数のタイマを同時に処理することができる。

M君は各信号の状態遷移に関する仕様を表で整理した。そして、L社内で設計レビューに臨み、そこでの指摘事項を反映させて仕様を完成させた。主道路信号（夜間）の通常時とボタン押下時の状態遷移に関する仕様を表1と表2に、歩行者信号（夜間）の状態遷移に関する仕様を表3に、それぞれ示す。

表1 主道路信号の状態遷移に関する仕様（夜間 通常時）

処理手順	遷移条件	処理前状態	処理後状態	処理内容
S1	—	開始	C-1	信号を赤にし、タイマ1（15秒）をセット。
S2	タイマ1終了	C-1	C-2	信号を青にし、タイマ2（60秒）をセット。
S3	タイマ2終了	C-2	C-3	信号を黄にし、タイマ3（3秒）をセット。
S4	タイマ3終了	C-3	C-4	信号を赤にし、タイマ4（1秒）をセット。
S5	タイマ4終了	C-4	C-5	信号を右にし、タイマ5（10秒）をセット。
S6	タイマ5終了	C-5	C-6	信号を黄にし、タイマ3（3秒）をセット。
S7	タイマ3終了	C-6	C-1	信号を赤にし、タイマ1（15秒）をセット。

表2 主道路信号の状態遷移に関する仕様（夜間 ボタン押下時）

処理手順	遷移条件	処理前状態	処理後状態	処理内容
P1	ボタン押下	C-1	B-1	何もしない。
P2	タイマ1終了	B-1	B-2	信号を青にし、タイマ6（10秒）をセット。
Q1	ボタン押下	C-2	B-2	タイマ6（10秒）をセット。
Q2	タイマ2とタイマ6のいずれかが終了	B-2	C-3	終了していないタイマを0にする。 信号を黄にし、タイマ3（3秒）をセット。

表3 歩行者信号の状態遷移に関する仕様（夜間）

処理手順	遷移条件	処理前状態	処理後状態	処理内容
R1	—	開始	W-1	信号を赤にする。
R2	ボタン押下	W-1	W-2	主道路信号の状態監視を開始する。
R3	主道路信号が状態C-1に遷移	W-2	W-3	主道路信号の状態監視を終了して、タイマ7（3秒）をセット。
R4	タイマ7終了	W-3	W-4	信号を青にし、タイマ8（8秒）をセット。
R5	タイマ8終了	W-4	W-5	信号を青点滅にし、タイマ9（3秒）をセット。
R6	タイマ9終了	W-5	W-1	信号を赤にする。

注記 歩行者信号ではW-1以外の状態でボタン押下があっても処理は発生しない。

表 1, 表 2, 及び表 3 を基に, M 君が作成した各信号の状態遷移図を図 2, 図 3 に示す。図 2, 図 3 中の (T) は表 1~3 の遷移条件に示されたタイマの終了を示す。

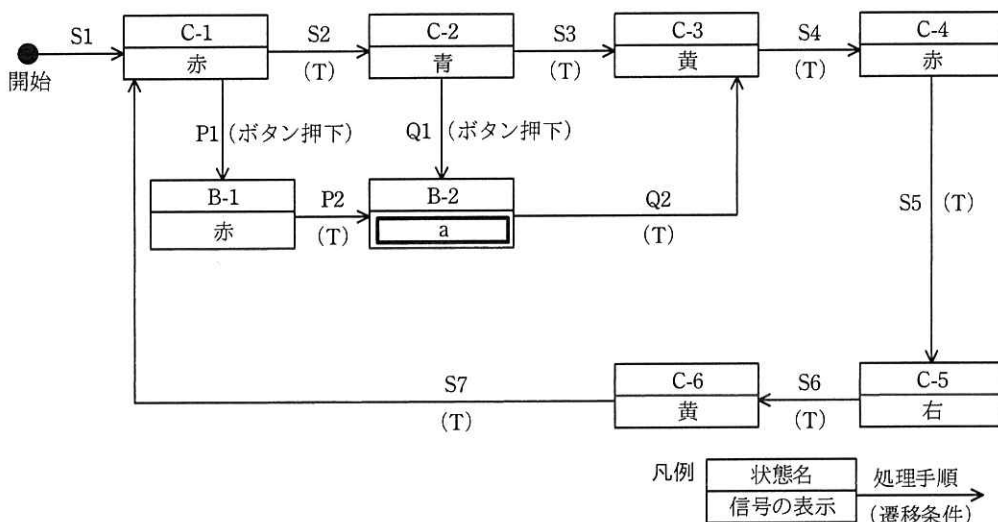


図 2 主道路信号の状態遷移図 (夜間)

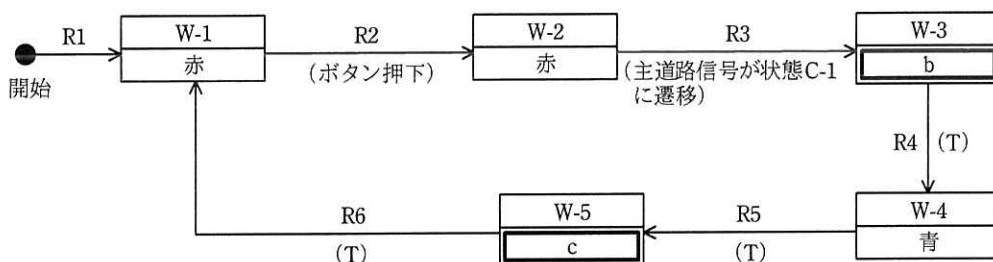


図 3 歩行者信号の状態遷移図 (夜間)

図 2, 図 3 から, 主道路信号の状態が C-6 (黄) になった直後にボタン押下があったとき, 歩行者信号が最初に青になるのは  秒後であることが確認できる。

〔設計のレビュー〕

M 君は当初, 表 3 の R3 の遷移条件を“主道路信号が赤”と記載していた。しかし, L 社内でのレビューにおいて, その遷移条件では事故につながりかねない重大な①不具合が発生するという指摘を受け, この遷移条件を“主道路信号が状態 C-1 に遷移”と修正した。また, 図 2 の処理手順 P1 (状態 C-1 から状態 B-1 に遷移) がなかった場合に②生じる現象についてレビューで説明を行った。

〔信号機の信頼性設計〕

信号機の制御システムの故障は、人命に関わる事故を引き起こすおそれがあり、M君には十分な信頼性設計を行うように指示が出た。それを受けて M 君は、信号機の信頼性設計を完成させた。その設計の中に、次の二つの仕様を含めた。

- (1) 主道路信号と従道路信号の連動機構が故障した場合、主道路信号を“黄点滅”（注意して進む）に、従道路信号を“赤点滅”（一時停止し、確認後発進）にして、どちらも“青”にはしない。
- (2) 歩行者用押しボタンが故障した場合、その機能を切り離れた縮退運転とし、夜間でも昼間と同様に歩行者信号を主道路信号に同期させる。

設問 1 〔信号機の仕様と状態遷移図〕について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 図 2 及び図 3 中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 本文中の  に入れる適切な数字を答えよ。

設問 2 〔設計のレビュー〕について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 本文中の下線①について、どの状態において、どのような不具合につながるのか。具体的に 40 字以内で述べよ。
- (2) 本文中の下線②に関する適切な説明を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア C-1 が 60 秒で C-2 に遷移する。
- イ C-1 でボタン押下されても、主道路信号の青が短くならない。
- ウ ボタン押下されていないのに、主道路信号の青が短くなる。
- エ 短い時間に繰り返してボタン押下されると、歩行者信号がすぐに青になる。

設問 3 〔信号機の信頼性設計〕について、本文中の(1)と(2)の信頼性設計の対応策を表す最も適切な字句を、それぞれ解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア フールプルーフ
- イ フェールセーフ
- ウ フェールソフト
- エ フォールトアボイダンス
- オ フォールトトレランス