

モノづくり教育のネタ帖

— メカトロニクスシステム設計10年の歩み —

平岡延章¹, 吉成知己², 十河宏行¹, 由良諭¹,
川田和男¹, 徳永秀和¹, 藤澤正一郎³

A note of ideas on *Monozukuri*-education — A history of Mechatronics System Design's theme —

N.Hiraoka, T.Yoshinari, H.Sogo, S.Yura,
K.Kawada, H.Tokunaga, and S.Fujisawa

Abstract

As the tenth anniversary of the Mechatronics System Design Class at the Department of Electro-Mechanical Systems Engineering, Takamatsu National College of Technology, the annual design themes are introduced with brief evaluation comments. In addition with them, lots of ideas, which were not appeared as the annual theme but will be useful for future reference, are also illustrated with appropriate explanatory words. All ideas presented in this article as a class theme are fully and originally created among the staffs of the class, and will be applicable to resemblant classes at technical colleges or technical departments of universities.

はじめに

高松高専・制御情報工学科で1996年度より実施しているモノづくり授業「メカトロニクスシステム設計」では、毎年担当スタッフが考案するオリジナルな製作課題を用いている¹⁾。製作課題は、モノづくり教育の成否を握る鍵であるにもかかわらず、これまでモノづくり課題を集約し、紹介した文献は見当たらない。ひとつには、指導者の無形のノウハウに属するものであり、また一方で、冊子にするほどの事例収集が容易でないという事情がある。

本報は、メカトロニクスシステム設計10周年にあたり、過去10年間に実施した製作課題を掲載して指導側から見た評価を書き加えたモノづくり課題集である。さらに、採用された10の課題の影で日の目を見なかった多数のアイデアを一挙に掲載し、モノづくり教育のネタ帖として読者諸氏の便に供するものである。

なお、メカトロニクスシステム設計の授業そのものについては、文献¹⁻⁸⁾に詳しく紹介されており、また、授業風景や各年の課題のもとで作製された作品達は Web page⁹⁾に公開されている。

1. 「メカトロニクスシステム設計」実施テーマ

作製課題の設定に共通する基本方針は、以下のとおりである。

- 1) 課題実現のためのアイデアに関して、発想の自由度が大きいこと。

1. 高松工業高等専門学校制御情報工学科
2. 高松工業高等専門学校技術支援室
3. 徳島大学工学部 (元：高松高専制御情報工学科)

- 2) 対象物のセンシングに関して、容易に実現できる2つ以上の手段が確保されていること。
- 3) 移動/操作に用いる駆動機構に関して、容易に実現できる2つ以上の手段が確保されていること。
- 4) 課題実現に必要な機構の運動自由度が、多くなりすぎないこと。
- 5) 実験机上で競技可能であること。
- 6) 非対戦型であること。
- 7) センサーベースの自律制御で実現できること。

これらの条件を満足する課題であれば、クラス単位の必修授業としてクラス全員がチームに分かれて参加し、与えられた授業時間と実験スペース/実験予算で、一応のレベルに完成したメカトロニクスシステムを設計・製作することができる。また、競技結果が操縦者の腕前や度胸あるいは時の運に左右されず、成果の客観的評価が可能である。

1.1 1996年度第1回“サーチ and ムーブ”

【テーマ/ゲーム要領】

高さ5cmの壁に囲まれた80cm四方の競技場を用い(図1)、競技場内に置かれた缶を探して中央に運び立てる時間を競うテーマである。

縦横20cm四方のスタートゾーンに収まる大きさのセンサーベースロボットを設計・作製し、パソコンにより自律制御を行う。ロボットに高さ制限はない。

スチール製の空缶(250ml)が競技場のどこかに置かれており、白いゴール円(直径7cm)が競技場中央にある。動作の確実性とゴールまでの所要時間によりロボットの性能を評価する。

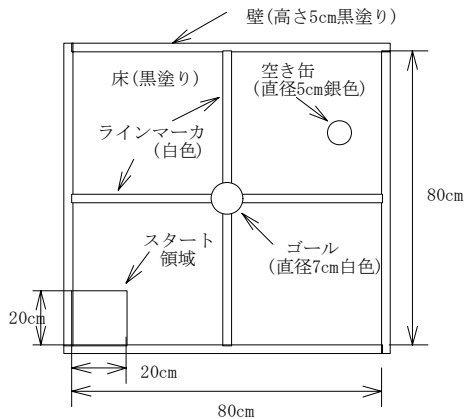


図1 競技場の仕様(第1回)

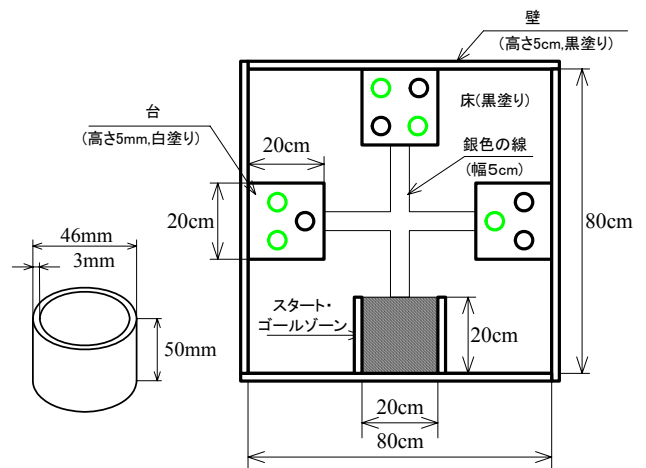


図3 カップと競技場の仕様(第2回)

【テーマの評価と作品例】

初年度のテーマとして、妥当な難易度と競技性を有し、バランスのよいものであった。学生の作品には、据え置きアーム型と自走型があり、センサーベースのエレガントな動きが実現された。

図2の作品は、対角まで届く長い腕で競技場を走査し、腕側面の接触センサで缶を検出するアイデアで作られた。発見した缶を、腕上を走行する子機の半円状の指により捕らえ(ここまでは、センサーベース)、開ループでゴール座標上に導く。

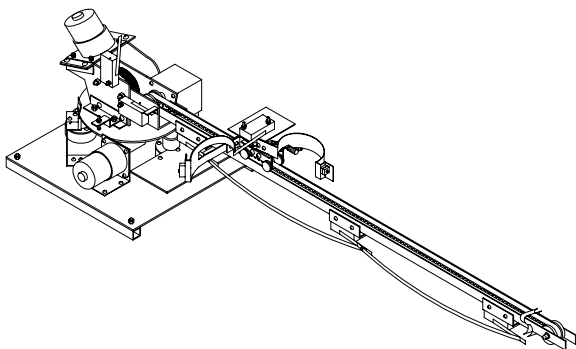


図2 作品例(第1回)

出ることを要求したため、全チームが自走形となった。スタートゾーン両側の囲いやカップを置く台など、競技場内に造り込んだ構造物がロボットの動作を阻害し、センサーベースでは滑らかに動きづらい結果となった。このテーマから、学生の自由な発想を生かすには、競技場を単純な構造にするべきであるとの教訓を得た。

図4の作品は、8チーム中で最も小型で細身のロボットであり、巧みな動作でカップを選別して車体内に収納し、観衆の喝采を浴びた。このテーマでは、カップの選別/捕獲も然ることながら、スタートゾーンへの復帰が最難関となった。

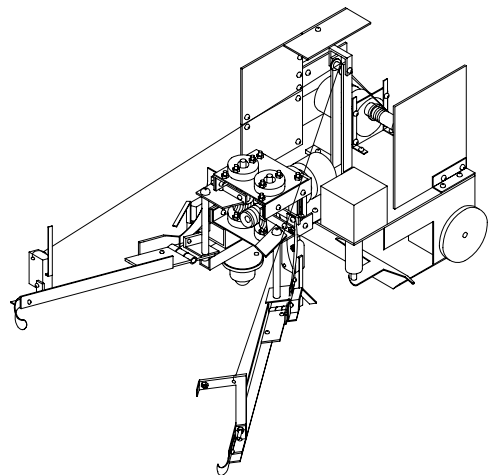


図4 作品例(第2回)

1.2 1997年度第2回“カップ取ってきまい”

【テーマ/ゲーム要領】

図3に示す競技場(80cm×80cm)の3ヶ所の台の上に置いた10個のカップ(白5個、黒5個)から同色のものを3個探し、車体に積載してスタートゾーンに戻る時間を競うテーマである。

縦横20cmのスタートゾーンに収まる大きさのセンサーベースロボットを設計・作製し、パソコンにより自律制御を行なう。

動作の確実性とゴールまでの所要時間によりロボットの性能を評価する。

【テーマの評価と作品例】

このテーマでは、ロボットがスタートゾーンから外に

1.3 1998年度第3回“玉石混合”

【テーマ/ゲーム要領】

水平から約1°傾いた80cm四方の競技場(図5)のスタートゾーンの両側に、2種類のボール(大きさ、重さ、色、導電率が異なる)を各10個ずつランダムに置く。自律ロボットにより同種のボールを集めてアクリル製の筒に入れ、その数により得点を競うテーマである。

制限時間は5分とし、ゴール内の同種ボールの個

数を得点とする。異なる種類のボールは、マイナスの点数としてカウントする。

ロボットの性能は、動作の確実性を重視して評価する。

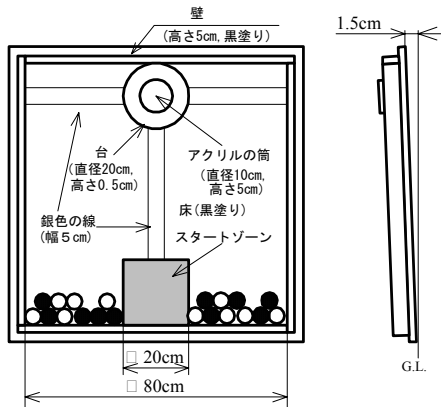


図5 競技場の仕様(第3回)

【テーマの評価と作品例】

スタートゾーンから動かさず長い腕でボールを集めてゴールに流し込むタイプと、走行しながらボールをすくい取りゴールに運ぶタイプの2種類の作品が現れた。しかし、ボールの選別は、形状の大小によるものがほとんどであり、テーマ設定でボールの属性を多様にした効果は薄かった。

高得点を上げるチームは短時間で競技を終わり、時間制限に引っかかるチームは、ロボットの動作そのものに問題があった。競技時間5分は妥当であった。

バケットのスリットによりボールを選別するタイプの作品を図6に示す。すくい上げた時点で大きなボールのみが残る。後退でゴールそばに移動し、ロボット後端(図の左側)のゲートからボールを転がしてゴール内に入れる。

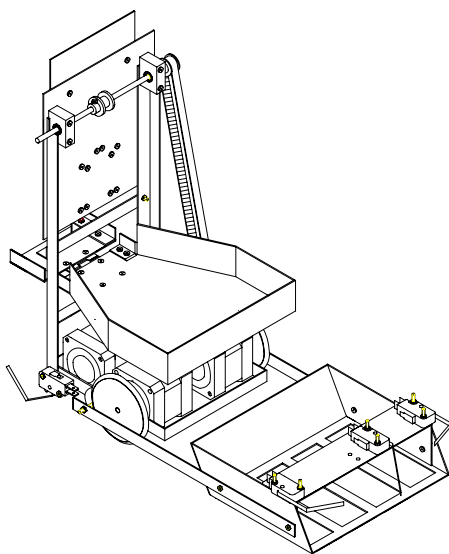


図6 作品例(第3回)

1.4 1999年度第4回 “Touch and Go!!”

【テーマ/ゲーム要領】

自律ロボットにより、競技場(図7)の片隅に置かれた2個のスイッチの一方を押し、競技場の中央に置かれた直径10cm、高さ5cmの円柱のまわりをロボットまたはロボットの一部分が旋回して、もう一方のスイッチを押すまでの時間を競うテーマである。

ロボットは中央の円筒に触れてはならない。動作中のロボットの最大投影長は50cm以下とし、走行用の駆動輪は1個とする。

右回りと左回りの2回の試技の合計タイムと、動作の確実性によりロボットの性能を評価する。

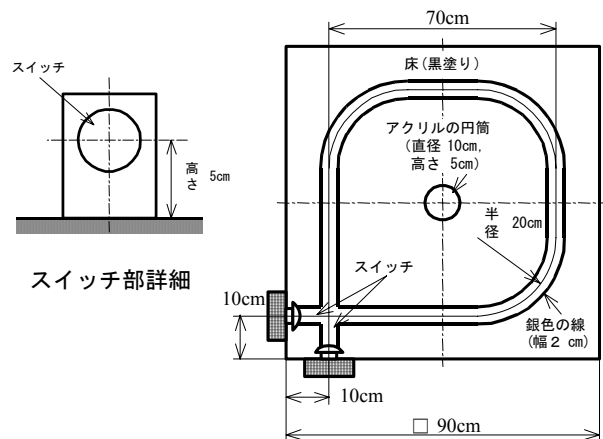


図7 競技場の仕様(第4回)

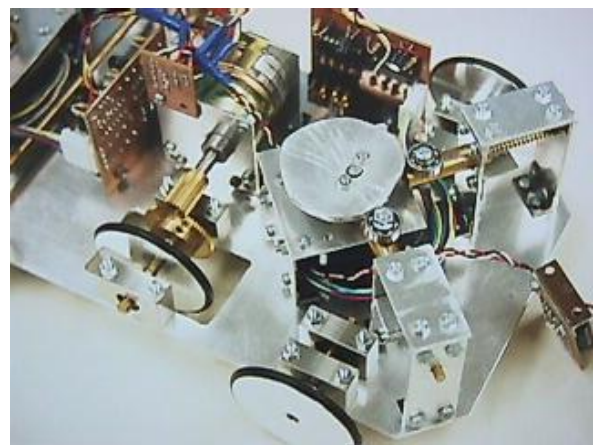


図8 作品例(第4回)

【テーマの評価と作品例】

ライトレースとスイッチボタンへの位置決めを課題としたテーマである。しかし、ゲーム要領文の「…またはロボットの一部分が…」の部分の記述が曖昧であったため拡大解釈されて想定外の動作を行うロボットが現れた。仕様を言葉で規定することの難しさを学んだテーマであった。

仕様の曖昧さを巧みにつき、円筒に近づいて腕を周回させるタイプのロボットを図8に示す。図中央のカムでその右側に2本見えるばね付押し棒を駆動し、ス

タートとゴール際、スイッチを押す。走行は、スイッチ設置部から中央円筒に向かっての前後移動のみである。

1.5 2000年度第5回 “21世紀への送り物?!”

【テーマ/ゲーム要領】

図9に示す競技場で、自律ロボットにより世紀末ゾーンの“正の財産”1個を探し、21世紀ゾーンに持ち込む時間を競うテーマである。

世紀末ゾーンと21世紀ゾーンは段差で区別し、競技場外周と段差の境界には銀色テープが貼られている。世紀末ゾーンには、重さ、色、導電率の異なる2種類の財産(“正の財産”と“負の財産”)が2個ずつ任意に置かれる。

“正の財産”を持たないで21世紀ゾーンに移動した場合や“負の財産”を持って21世紀ゾーンに移動した場合は、ペナルティ時間が加算される。

ロボットの大きさは、競技開始時スタートゾーンに収まり(高さ制限なし)、競技終了時には部品を含むロボットすべてが21世紀ゾーンに収まることとする。

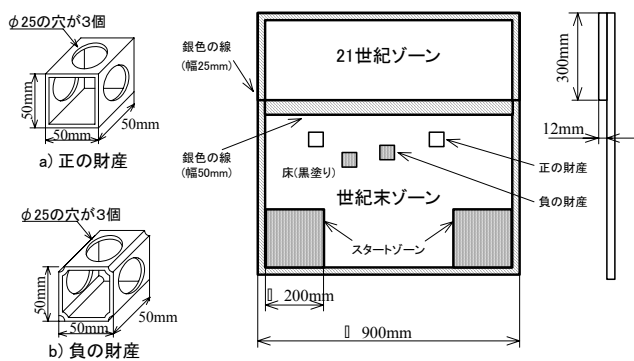


図9 競技場と財産の仕様(第5回)

【テーマの評価と作品例】

段差の乗り越えが必要なテーマである。競技場周囲に壁がないことと相まって、難しいテーマとなった。

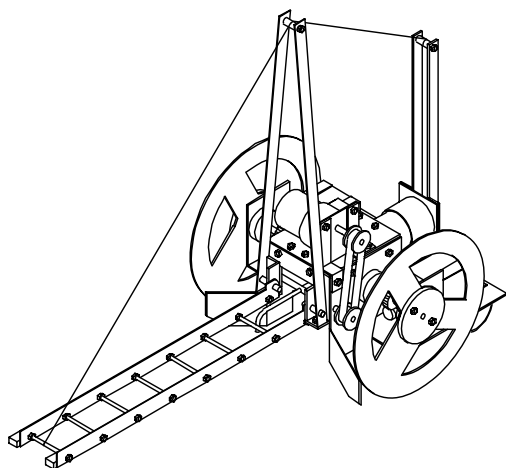


図10 作品例(第5回)

車輪型、クローラ型ともに、センサーベースで仕様とした段差12mmを再現性良く踏破できる作品はなく、年度途中で段差を5mmに変更した。重力の大きさを再認識させられるテーマであった。

大きな車輪を持つロボット(図10)が、比較的安定な段差乗り上げ性能を披露した。どのチームのロボットも乗り上げ時の車体方向を段差に対して垂直に向けることに苦しんだ。斜めにアプローチすると、段差に喰い着けなかったり、車体の動揺で「送り物」が落下するなど、悪戦苦闘であった。

1.6 2001年度第6回 “Pick and carry”

【テーマ/ゲーム要領】

マイクロコントローラ(PIC)を用いて自律制御されるロボットを製作し、図11に示す競技場の3つの角に3個ずつ置かれた物体(フィルムケース)を捕獲して、中央のゴール円内に運ぶ時間を競うテーマである。

フィルムケースはふたを取り除き、口の部分が上向きとなるように置く。制限時間は5分間とし、得点はゴール円に完全に入った物体1個につき100点とする。ただし、ロボットに接触している物体は、得点にカウントしない。

ロボットは、競技開始時スタートゾーンに収まる大きさ(高さ制限なし)とし、得点はロボットがゴール円外で停止し、物体の動きが完全に止まった後にカウントする。

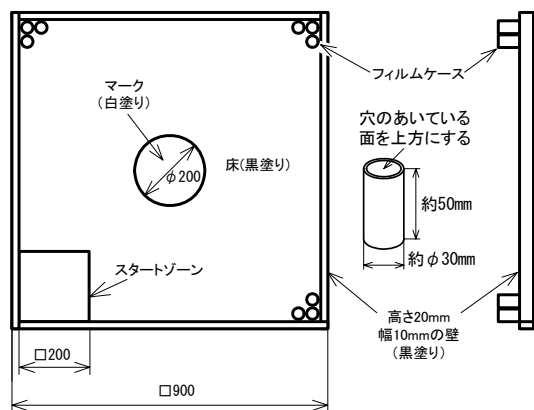


図11 競技場の仕様(第6回)

【テーマの評価と作品例】

過去2年間、障害物によるロボット動作の拘束を避けるため、周囲に壁のない競技場を用いた。しかし、ロボットの調整不良による場外落下の懸念を払拭できなかった。このテーマでは、高さの低い壁を復活させた(図11)。ゴールへ導くマーカーが競技場内にないため、ゴール探しに右往左往する結果となった。

5分の制限時間は、全てのフィルムケースを回収しまとめてゴールに置くタイプに対しては十分余裕があった。コーナーでフィルムケースを回収するたびにゴールに運ぶタイプでは、時間不足となるものが見られた。得点戦略と走行性能のバランスを求める点で、妥

当な競技時間の設定であった。

コンパクトな車体で、チェーンにより上下する爪を持つロボット(図12)が好成績を残した。フィルムケースは軽量であるため、長い爪を深く差し込んでそのままゴールまで引きずるアイデアがうまく機能した。また、左右非対称形状で壁をマーカーとして壁際を走行する戦略も有効であった。

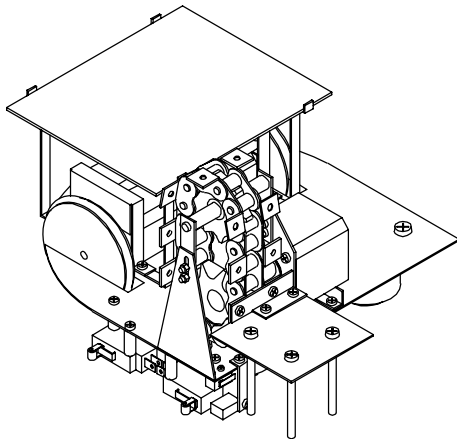


図12 作品例(第6回)

前年までのパソコン制御(C言語)を打ち切り、この年からマイクロコントローラ制御(アセンブリ言語)に切り替えた。パソコンのOSがDOSからWindowsに移行し、リアルタイムの機械制御に適さなくなったことが主因である。

1.7 2002年度第7回“探して、見つけて、立てましよう!”

【テーマ/ゲーム要領】

図13に示す競技場で、自律ロボットにより競技場内に置かれた紙製の筒(通称:ぼうちゃん、個数1個)を探してフェアゾーン内に立てゴールするまでに要する時間を競うテーマである。

競技場内のスイッチ(通称:でか丸くん)の1つを押してスタートし、「ぼうちゃん」をフェアゾーン内に自立・直立させたのち、スタート時に押さなかった方の「でか丸くん」を押したときゴールとなる。この間の所要時間を計測する。

【テーマの評価と作品例】

円筒のハンドリングとライトレースによるスイッチへの位置決めを課題としたテーマである。小気味良い動作を期待したが、棒を探索し立てることに力点が置かれ大型・重量級のロボットが多かった。結果的に、スイッチ部の寸法にゆとりが不足し、スイッチへのアクセスに苦労した。2個のスイッチをいま少し離れた位置に配置すると、より良いテーマになる。

図14は、鋸バケツで円筒をすくい、上部ホッパーに投入して滑らせ、図の左端部のボックス内に投下する際に円筒を立てるタイプの作品である。円筒のハンドリングは巧みであるが、筐体が大いためスイッチを

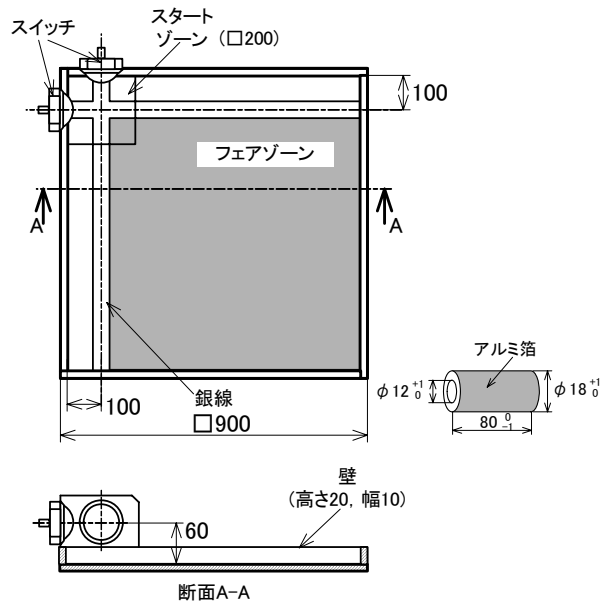


図13 競技場とぼうちゃんの仕様(第7回)

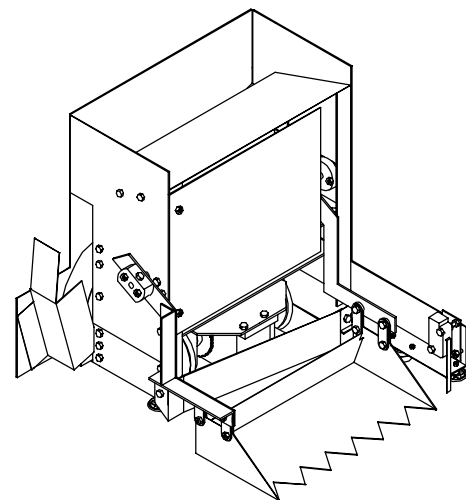


図14 作品例(第7回)

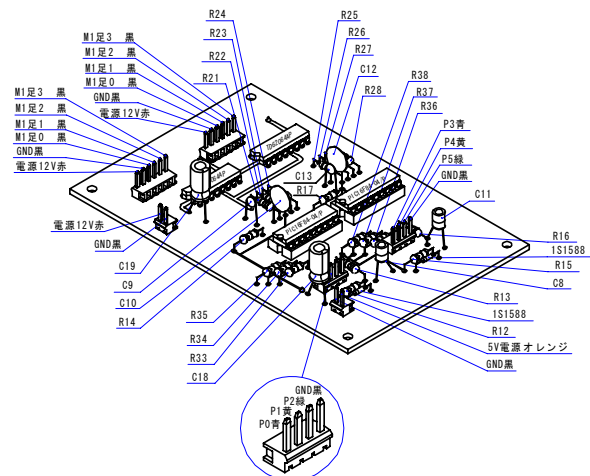


図15 主制御回路基板の作品例(第7回)

押す際に周囲構造物との干渉が見られた。

このロボットの主制御基板を図15に示す。中央に2個のマイクロコントローラ(PIC)があり、ロボット全体の動作を自律制御する仕組みになっている。回路基板もチームで設計し、実験室で作製したオリジナル作品である。

1. 8 2003年度第8回“迷走？踏破！”

【テーマ/ゲーム要領】

制限時間(5分)内にロボットが踏破した迷路(図16)の区画数にオプション係数を掛けて得られる得点を競うテーマである。ロボットの重心が迷路区画に進入したとき、その区画を踏破したとする。

スタート時、ロボット重心上に投下用物体(通称:「ダブル君」)、大きさ $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$ 以上、各チームで製作)を搭載する。「ダブル君」を競技中に中央区画内に置くとオプション係数は2、中央区画外に落とすと1、競技終了時にロボットが搭載または接触していると2分の1となる。

競技直前にサイコロを2回振り、その目を(x, y)座標として競技スタート位置を決める。サイコロの目が6の場合、その座標方向の位置は自由に選択できる。スタート直前にスタート座標をスイッチ等の入力装置によりロボットに直接入力してよい。

迷路路面に接地した状態で迷路内を移動する構造であれば、ロボットの大きさは無制限で、競技場のどの部分に接触してもよい。ただし、制御プログラム中に事前情報として迷路情報(壁の位置や有無)を持つことは禁止とする。

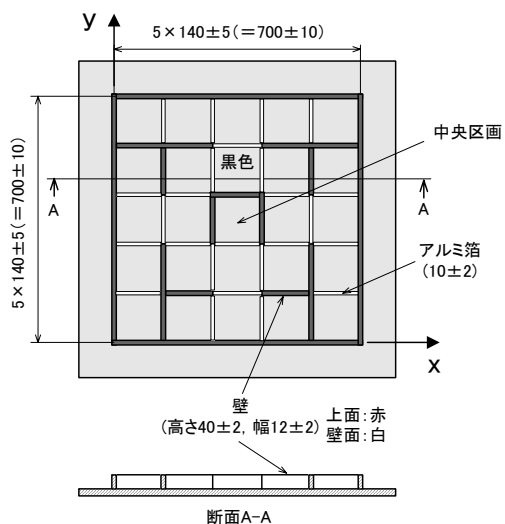


図16 競技場の仕様(第8回)

【テーマの評価と作品例】

初めての迷路踏破テーマである。競技場内の構造物が多いため、これらに干渉せず小回りの利くロボットの設計が求められる。迷路区画ごとに床面にマーカーを配置したため、センサーベースでうまく姿勢を立て直して踏破し、満点を獲得する作品が複数見られた。また、壁を跨いで乗り越えるアイデアもあり、バラエテ

ィに富んだロボットが製作された。

このテーマでは、動作の軽快なロボットでも制限時間との戦いとなり、時間的制約が厳しかった。制限時間を若干長くするか迷路の区画数を減らすことが必要である。

図17は、投影面積を小さくするため走行用モータ2個を上下の抱き合わせて重ね、図の左側のスペース上方に「ダブル君(図の右下)」をソレノイドで保持する投下機構を配置した背高のっぼの作品である。光センサーで壁側面と床のマーカーを検出し、小気味良い動作で全区画を踏破し、中央区画に抜かりなく「ダブル君」を落として、再現性良く満点を獲得した。

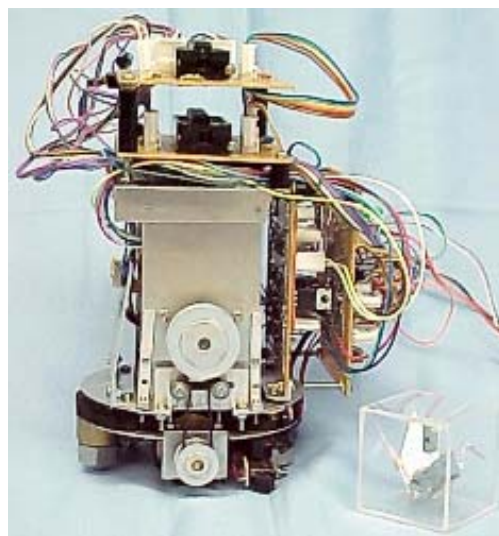


図17 作品例(第8回)

1. 9 2004年度第9回“ああ！！缶ちがいは？”

【テーマ/ゲーム要領】

自律ロボットを製作して、図18に示す競技場内に倒れている缶を立て、以下のルールで得点を競うテーマである。

競技に用いる缶は2種類の飲料水缶で、おおむね空缶であるが中味の入った缶が混在する。配置する缶の総数は、競技開始前にチームが申告する。缶の大小、中身の有無は指定できない。

制限時間は5分とし、競技終了後に立っている缶1本につき得点10点、倒れている缶1本につき減点10点とする。中味の入った缶が立っていれば、中味の入った缶1本につき得点が2倍になる。なお、競技終了後ロボットに触れている缶は得点・減点にカウントしない。競技場外に出た缶は、倒れた缶と見なす。

ロボットの寸法は特に制限しないが、ロボットを競技場内に置きスタート可能な状態にした後、申告した個数の缶を競技場の床面にランダムな位置・方向で容易に設置可能であることとする。

【テーマの評価と作品例】

周囲の壁を除いて全く構造物のないフラットな競技場であるが、配置した缶がロボットに押されて転がり、

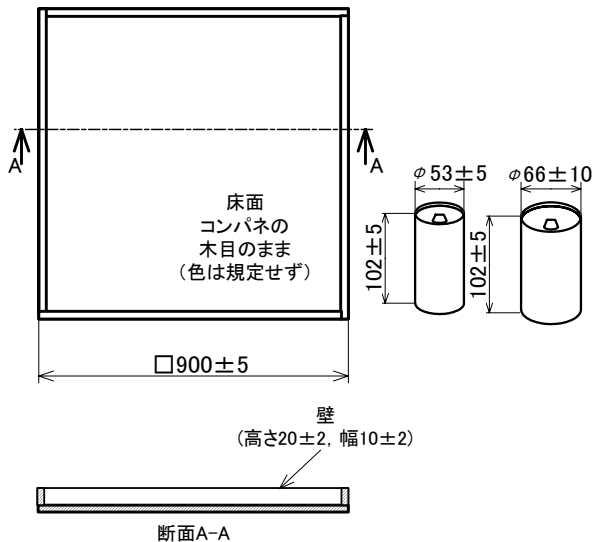


図18 競技場と缶の仕様(第9回)

周辺部や角部に集まってロボットの運動を妨げた。得点を挙げるには、ハンドリング対象外の缶を走行経路外にうまく排除するための形状的工夫が必要である。

缶をすくい取るもの、掴み上げるもの、バックドロップを行うもの、羽で掻き揚げるものなど、多彩な機構が見られ、柔軟なテーマであったが、結果的に、取りそなった缶と干渉してデッドロックに陥るロボットが多数見られた。5分の制限時間は、妥当であった。

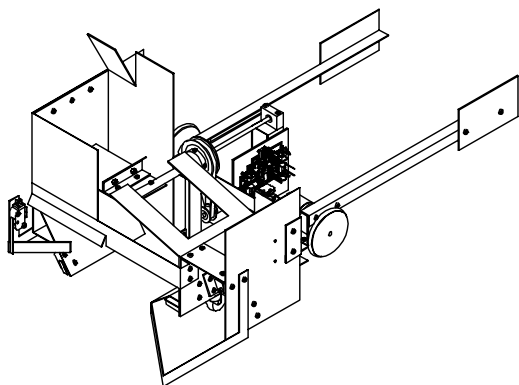


図19 作品例(第9回)

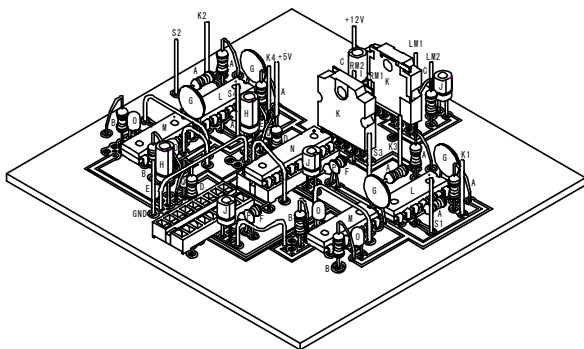


図20 主制御回路基板の作品例(第9回)

作品例を図19に示す。このロボットは、左から筐体下に入った缶を中央の軸に取り付けた羽で左奥の壁に沿って掻き揚げ、右に見えるスロープを転がしてその先の壁の部分で後部に落下させて缶を立てる仕組みを持つ。後部に伸びた2本の長い尻尾は、筐体内に入らなかった缶やすでに立てた缶を動作領域外に排除して、これらの缶とロボットが干渉するのを防ぐ役割を持つ。

図20は、このロボットの主制御基板で左下方に PIC 用のソケットが、右上方にはモータドライバ IC が実装されている様子が見える。

1. 10 2005年度第10回“10周年です、粗品進呈！”

【テーマ/ゲーム要領】

あらかじめロボットに積載した物体を目的地に配達するテーマである。自律ロボットに積載した粗品(2×2×2cm³、寸法の有効数字は1桁)を図21に示す競技場内の4個のマーク(厚さ1mm以下、上面はアルミ箔)上に配達し、以下のルールで総点を競う。

得点は、初めの1ヶ所が粗品1個につき10点、2ヶ所目以降については、粗品1個当たり順に20点、50点、100点とする。粗品の一部がマーク上にあれば得点とし、得点となる粗品の上に乗っている粗品も得点とする。マーク外に放置された粗品は、1個につき5点の減点とする。ロボットに積載または接触した状態の粗品は得失点にカウントしない。なお、マーク外の粗品の数(ロボット積載分を含む)が粗品総数の50%を超える場合は失格とする。

制限時間は3分、スタート時にロボットに積載する粗品の個数は無制限、ロボットは、常に上から見てスタートゾーン内に納まる大きさとする(高さは無制限)。

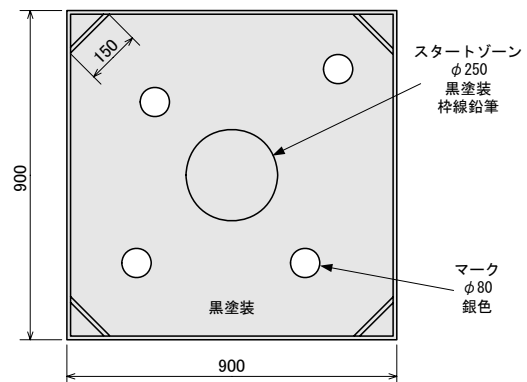


図21 競技場の仕様(第10回)

【テーマの評価と作品例】

過去のテーマでは、ロボットが競技場の隅に行き詰まりデッドロックとなるが多かった。このテーマでは、競技場の4隅を壁でガードすることでデッドロックの回避を試みた。現在ロボット作製中であるため、その評価を得るまでには至っていない。

また、作品例(図22)についても執筆時点では、掲載不能である。(拙論の発行時期には公開可能なので、参考文献8に示す Web page をご参照ください。)

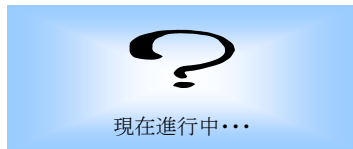


図22 作品例(第10回)

1.11 まとめ

この節の冒頭で述べた基本方針に従い実施した10のテーマについて、概要と作品例を紹介した。振り返ると、年度により課題そのものの難易度にばらつきがあることがわかるが、いずれの年度にもほぼ課題を満足する自律ロボットが出来上がったことは、ある意味スタッフの想像を越えた驚きである。課題がやさしいと思われる年より、やや難しすぎたかなと思う年の方が概して上位チームロボットの仕上がりが良いことも驚きであった。

結局、平凡なテーマに対しては、平凡な結果ということであり、指導者側の課題に対する作りこみが、実施結果を大きく左右することになる。このような観点から、次の章では日の目を見なかったテーマ達を紹介し、簡単な考察を加えることにする。

なお、ここまでに掲載したロボットならびに回路基板のテクニカルイラストレーション(等角投影図)は、全て製作チームの学生自身が描き、報告書とともに提出した作品群の一部である。

2. 日の目を見なかったアイデア達

この節では、各年度の実施テーマ決定に当たり、担当スタッフが自己のアイデアを持ち寄り議論した際の記録から、不採択テーマを集めた。いずれも議論用の資料であり、実施テーマとして十分な推敲を経る前段階の生のアイデア集である。

担当スタッフがテーマ会議に持ち寄った印刷物を元にして原稿を作成したため、一部不鮮明な図や不完全な図が混在するが、生の資料を掲載し実情を紹介することに価値があると判断した。執筆時に敢えて清書しなかった事情をご理解いただきたい。なお、記載順は、必ずしも年代順となっていない。

2.1 #001「分別のある大人になりなさい」

【テーマ/ゲーム要領】

競技フィールド内にランダムに置かれた3種類の紙製の筒(各2本)を、種類ごとに競技場(図23)の3つのエリアに分別する時間を競うテーマである。競技開始前にどの種類の筒を、どのフィールドに分別するかを宣言する。制限時間は5分とし、分別に失敗した筒の数に応じてペナルティが課される。筒は感熱ロール紙の芯を用い、3種類の筒は判別のため表面を ①黒塗り導通なし ②銀塗り導通あり ③白塗り導通なし、に加工しておく。

【コメント】

筒の転がりにどう対処するかについて、スタッフ間の意見が分かれ、見送りとなった。競技場外周に壁を

設けない場合、場外に転がり出て競技にならない可能性があり、壁を設けると壁際にある筒のハンドリングが想定する難易度を越えることになる。

また、左右のゾーンが同条件だと、ロボットは自己位置がどちらのゾーンであるかをセンサーベースで判定できない。基本案として採用可能であるが、実施案としては工夫の余地が残る。

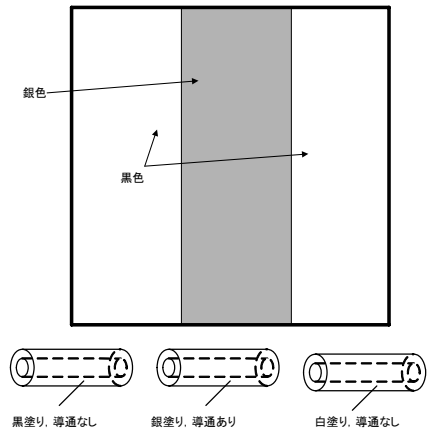


図23 競技場と紙筒の仕様(#001)

2.2 #002「カップインゲーム」

【テーマ/ゲーム要領】

図24(a)に示す競技場において、捕獲ゾーンのピンポン球を迷路の袋小路に配置されたカップに入れる時間を競うテーマである。ピンポン球は図(b)に示す球体捕獲器に置き、5個のカップは図(c)の大きさである。ロボットは2つのスタートゾーンのいずれかからスタートし、区画を銀線で仕切られた迷路を走行する。

競技の制限時間は3分とし、時間内に全てのカップにピンポン球が入らなかった場合は、ペナルティとして残っているカップ数に20秒をかけた時間を加算する。

ピンポン球の内1個は赤色であり、これをセンターゾーンのるカップに入れると、ボーナスとして競技に費やした時間を半分にカウントする。

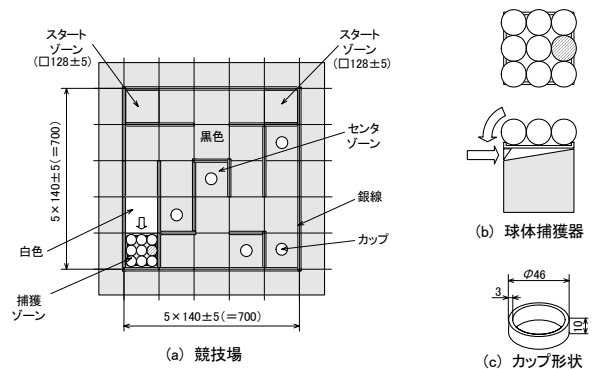


図24 競技場と造作物の仕様(#002)

【コメント】

授業で想定しているレベルに対して難易度が高い

ざる点で不採択となった。狭い迷路を機敏に走行し、かつピンポン球のハンドリングを行い、袋小路を探索するタスクは、初めてセンサーベースロボットを製作する学生たちにとって容易に達成できないレベルである。特に袋小路にカップがあるため、その区画に侵入する前に袋小路であることの判断が必要となり、難易度が高い。

競技場の準備がスタッフ側の負担になることも問題である。授業効果を高めるには、学生たちがアイデアを考案する時点で実物の競技場を提示する必要がある。この例のように競技場の造作が複雑である場合、準備時間が不足し実物の提示が困難である。また、複数の競技場を準備する際、同一性を保証する必要がある。造作が多い場合この点も指導側の負担となる（通常、2チームに対して1セット程度の競技場が必要である）。なお、競技場の仕様を途中で変更することは混乱の元であり、避けなければならない。

2.3 #003「指定の区画に立てましょう」

【テーマ/ゲーム要領】

競技場(図25)に置かれた缶を探し、指定された区画に立てるに要する時間を競うテーマである。

競技場と缶の仕様までの提案であり、具体的実施法は未決定である(コメントの項を参照)。

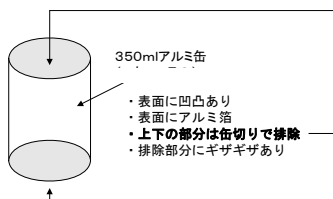
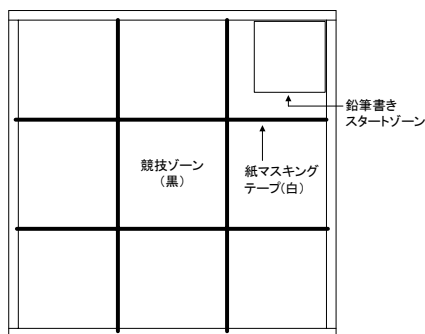


図25 競技場と缶の仕様 (#003)

【コメント】

示された競技場の仕様で、ロボットの自己位置認識が可能であるかという問題に対して、実現可能な認識案を示すことができず不採択となった。単純な光センサ、タッチセンサのみで9個の区画のどこにいるかをロボット自身が判断することは容易でない。走行中の駆動系のすべりやラインマーカを横切る際の位置・姿勢のより、自己位置の判断が一意に決まりにくい点に課題を残した。

2.4 #004「走って、探して、デリバリー」

【テーマ/ゲーム要領】

ロボットに積載した宝を銀線に沿って設置した置場4ヶ所に配送し、以下のルールで得点を競うテーマである。図26の競技場で、スタート時にロボットを銀線上に置く。制限時間は5分で、

$$\begin{aligned} \text{得点} = & (\text{置いた宝の総数}) \times (\text{宝を置いた置場の数}) \\ & - 5 \times (\text{置場外の宝の数}) \\ & - 10 \times (\text{ロボットに積載したままの宝の数}) \end{aligned}$$

とする。

なお、積載する宝の数に制限は設けない。

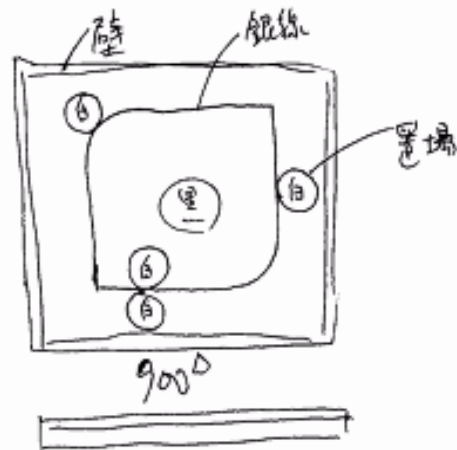


図26 競技場の仕様 (#004)

【コメント】

ラインレースと宝のハンドリングをタスクとする課題である。宝の個数を指定しない点で、どの程度の得点を目標とするかにより、設計戦略が分かれる面白さを持つ。機械系のスタッフより、機構的にやさし過ぎるのではないかと指摘があった。

この年度は、卓越した課題案が複数あり、採用に至らなかった。

なお、スタッフ間でテーマ案を議論する際、図26のように要点のみを記したポンチ絵が多く用いられていることを付記しておく。

2.5 #005「灯台目指して山登り」

【テーマ/ゲーム要領】

90cm四方の競技場(図27)において、台地上に高くなった中央に灯台(発光マーカ)を兼ねた棒を立て、自律ロボットによりここに輪を掛ける時間を競うテーマである。

ロボットは競技場周囲の壁に接した任意の位置からスタートし、灯台に輪(仕様自由)を掛け出発点の向かいの壁に達するまでの時間を競う。ロボットの最大長は輪を含めて30cmとし、

$$\text{得点} = 1000 / (\text{タイム}(s) \times \text{輪の径}(m))$$

とする。

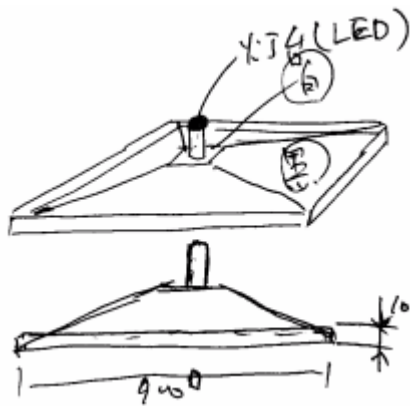


図27 競技場の仕様 (#005)

【コメント】

設計自由度が大きく魅力的なテーマであるが、競技場の作製に手間がかかることが問題となった。4〜5セットの競技場を、競技者から見て同一の構造に仕上げるには、手間と時間がかかりすぎる点に難点がある。また、灯台のLEDを駆動する回路や変調法をどうするかで、議論が分かれた(ベースバンドは、受光感度や外乱光との識別の点で適用困難である)。

2.6 #006「ビルドアップゲーム」

【テーマ/ゲーム要領】

図28に示す競技場の床に散乱する4種類の直方体(木製)を中央の円形台の上に運んで積み上げ、その高さを競うテーマである。

競技の制限時間を3分とし、終了時にロボットは円形台や直方体に接触してはいけない。ロボットに使用できるアクチュエータの数は4個以下とし、ロボットの接地部分は競技開始前に20cm角のスタートゾーン内に収まることとする(空間部分ならびに競技開始後の大きさに制限はない)。

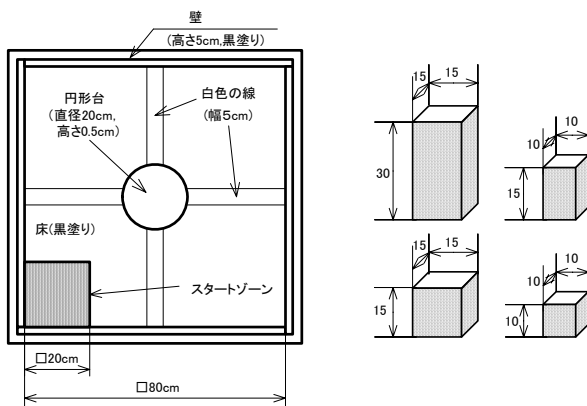


図28 競技場と物体の仕様 (#006)

【コメント】

競技場内を走行し、物体を集める動作と積み上げる

動作を行うには、アクチュエータの数が不足し、柔軟な発想を妨げている。しかし、アクチュエータの数を単純に増やすことは、ハードウェア作製の負担が増すため好ましくない。把持や積み上げは、比較的高度なスキルであるため、難易度が高すぎるとして採用されなかった。

ロボット自身が積み上げ高さをセンシングする簡単な手段がないと指摘された。また、中央の台と周囲の壁がロボットの運動を妨げ、デッドロックになる可能性を秘めている。

2.7 #007「分別してシュートゲーム」

【テーマ/ゲーム要領】

水平に対して約1°傾いた競技場(図29)の低い側にランダムに置いたピンポン球を2つのゴールボックスに分別して入れ、以下のルールで得点を競うテーマである。

ピンポン球は、色と導電率が異なる2種類が各10個ずつある。ゴールボックス内の床面は、一方が黒で他方が白とする。制限時間は5分とし、得点はそれぞれのゴールに入っている同種のピンポン球の個数とし、ゴール内の異種ピンポン球はマイナスの個数としてカウントする。スタート時、ロボットの接地部分は20cm角のスタートゾーン内にあり、終了時に12cm角のゴールゾーン外にあることとする。

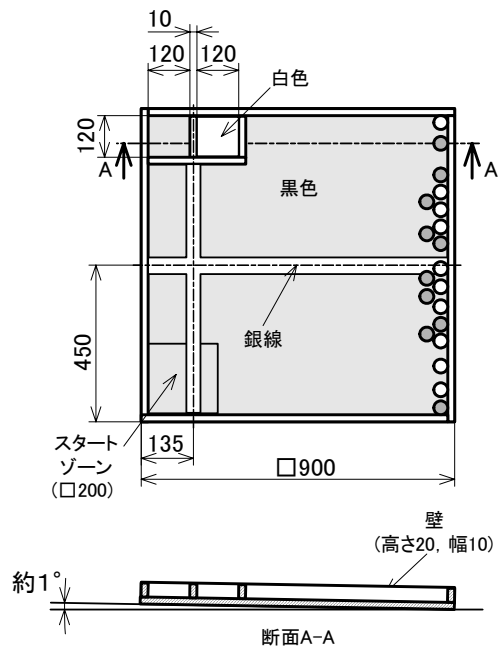


図29 競技場の仕様 (#007)

【コメント】

球体の種類を色と電気伝導度のみで判別し、分別する機構を作ることは容易でない。また、ゴールが浅く、跳ね返りによる飛び出しが懸念される。ゴールがコーナーにあるため、ロボットの取り回しが容易でない。

ゴール底面の色は、球体が投入されると検出困難

になる。繰り返し球を集めて運ぶとき、2回目以降のトライアルでゴールの区別をどうするか工夫の余地がある。

以上の理由により見送りとなったが、ゴール配置や球の構成など細部を見直すことで、実施可能なテーマである。

2.8 #008「正の財産・負の財産」

【テーマ/ゲーム要領】

図30の競技場内に置かれたピンポン球を自律ロボットを用いて、3分間に中央のプラスゾーンに入れた数を競うテーマである。プラスゾーンに隣接するマイナスゾーンに入った分は減点となる。スタート位置を図の×印の中から競技直前に指定する。

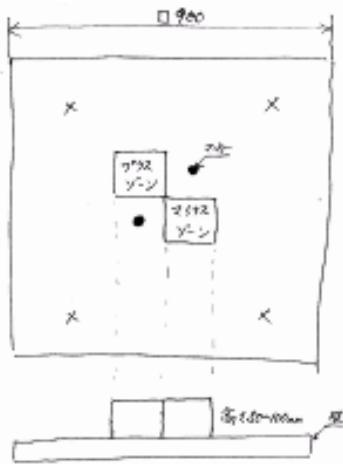


図30 競技場の仕様 (#008)

【コメント】

素案の時点で、ゴールの判別をどうするか、ゴールの位置認識をどうするか、について議論となり、解決策を見出せないまま不採用となった。実施に当たっては、自律ロボットの実現可能性について十分に検討する必要がある。

2.9 #009「白黒つけましょう」

【テーマ/ゲーム要領】

大きさが90cm四方で図31に示すように白黒に塗り分けた競技場において、任意に置かれた白黒各2本のフィルムケースを、自律ロボットにより指定区画に配置する時間を競うテーマである。

白フィルムケースを黒の4分の1円内に1本ずつ、黒フィルムケースを白の4分の1円内に1本ずつ置く。このとき、内側の4分の1円内(半径12cm)にフィルムケースを置くと、ボーナスとして1個につき時間を〇〇秒減ずる。ロボットは、20cm四方のスタートゾーン内に収まる大きさとする。

【コメント】

授業で想定している光センサは、局所的明暗の判

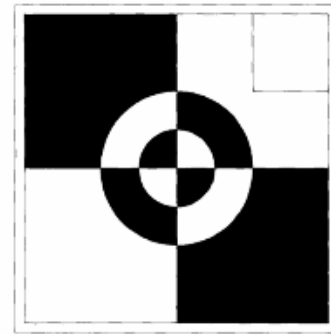


図31 競技場の仕様 (#009)

断しかできない。ロボットには、局所の明暗はわかるが、例えばそれが円の一部分なのか、あるいはその場所が内側の円上なのか、という判断を自身の位置や姿勢に寄らず行うことは容易でない。図31のようなパターンの認識を要求するテーマには無理があると判断した。

限られたセンサやアクチュエータあるいはプロセッサの使用を前提したマス授業では、提供する資材とテーマのマッチングに十分注意を払う必要があり、実現可能性を事前に吟味することが大切である。

2.10 #010「迷路でも運んでね」

【テーマ/ゲーム要領】

迷路(図32)に置かれた5個のカップを自律ロボットで回収し、中央の捕獲ゾーンに運ぶ時間と得点を競うテーマである。制限時間は5分とし、捕獲ゾーンに収まっているカップの個数を得点とする。

スタート時、ロボットの接地部分は1区画内にあり、空間部分の最大長は50cm以下とする。

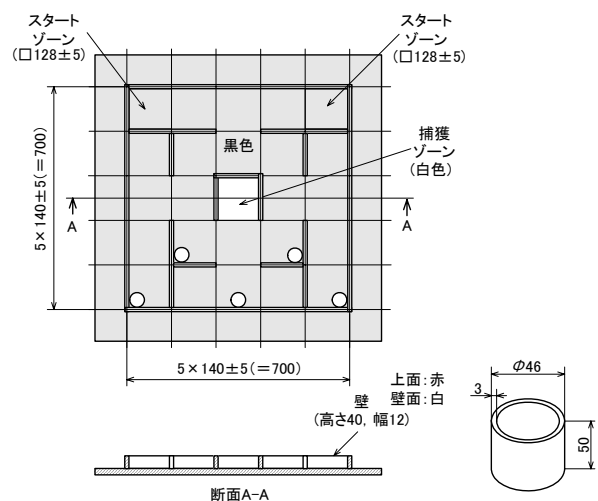


図32 競技場とカップの仕様 (#010)

【コメント】

限られた大きさのロボットでカップをハンドリングし、

かつ迷路内を機敏に走行するタスクの実現は、授業の想定レベルに対して難易度が高すぎる。迷路内の座標認識も標準としているマイクロコントローラにとって、高負荷である。全体として、初めて自律ロボットを作製するものにとって、難易度が高いとの判断から、不採用となった。

回を重ねるにつれて、スタッフ側の要求レベルが次第に高くなる傾向が見られるが、受講学生は毎年入れ替わるため、受講側の知識や技術が蓄積されることはない。テーマの設定に当たっては、この点に十分な配慮をすることが重要である。

2.11 #011「卓球便ゲーム」

【テーマ/ゲーム要領】

ロボットに10個の球を搭載しておき、図33に示す競技場に開けられた四つの穴(窪地)に球を宅配する時間を競うゲームである。

穴には固有の番号(数字)が振られており、その数字の個数だけ球を入れる。球の数に過不足がある場合は減点とする。なお、穴ごとにその面積は異なっており、深さは5mmとする。

競技開始前、ロボットは20cm角のスタートゾーン内に収まる大きさとする。

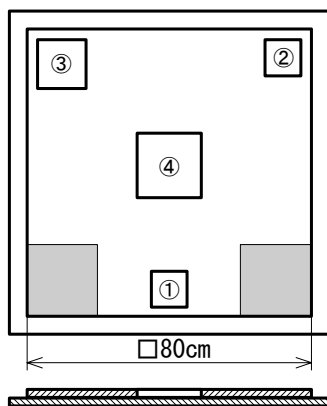


図33 競技場の仕様(#010)

【コメント】

競技場内に多数の窪地を設けることにより、ロボットの踏破性に対する要求が厳しくなる。車輪移動型の場合には段差乗り上げ能力、クローラ型では床面とのクリアランス、歩行型では脚の接地性と転倒安定性などが問題となり、このテーマは競技を成立させる上での難易度が高い。一方、窪地を浅くすると、ロボットとの接触で容易に球が動くため穴に留めることが困難となり、やはり競技として成立しにくい。

これらの問題に対する、合理的な対処法が見出せず、不採用となった。

2.12 #012「積んで、高く!」

【テーマ/ゲーム要領】

図34に示すように、周囲を壁で囲まれた黒塗り競

技場の中央に20cm角で高さが1cmの白いゴール台を置く。自律ロボットを用いて、競技場内に無作為に置かれた2種類の角柱を選別し、ゴール台上に積上げて得点を競うテーマである。

四角柱は大きさが $2 \times 2 \times 5 \text{cm}^3$ で、白黒各2本を黒地のフィールドに寝かせて置く。ロボットは白い四角柱のみを選別し、ゴールに運ぶ。得点は、寝た状態:1点、立てた状態:2点、上に積み上げた状態:4点とする。黒い四角柱がゴール上にあれば、同じ配点で減点とする。

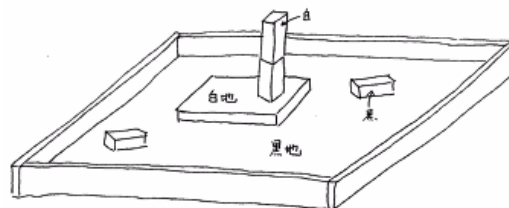


図34 競技場の仕様(#012)

【コメント】

実施可能なテーマであるが、他の案との競合により見送りとなった。ピッキング後の積み上げタスクは、初学者にとってやや難易度が高いが、角柱であること、2段階までであることを勘案すると、許容範囲と判断できる。

2.13 #013「運んで降ろして積み上げて」

【テーマ/ゲーム要領】

自律ロボットにあらかじめ積載した荷物(例えば、フィルムケース)を競技場内の4個のマーク上に配達することにより得点を競うテーマである。

競技場(図35)は90cm角で全面黒塗りとし、中央に20cm角のスタートゾーンを置く。競技場の周囲には幅1cm高さ1cmの壁を設ける。

マークを置く位置は、競技場のスタートゾーン外の4ヶ所とし、ロボットがスタートゾーンに置かれた後、偏りなく任意に配置する。マークは置くだけとし、固定しない。スタート時にロボットに積載する荷物の個数は、無制限とする。

得点は、最初に荷物を置いた場所が荷物1個につ

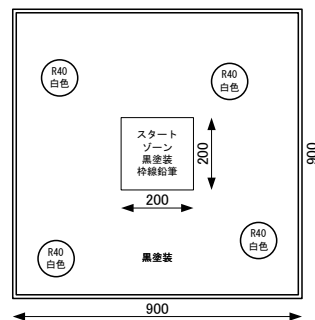


図35 競技場の仕様(#013)

き10点, 2番目以降は, 順に荷物1個当たり20点, 50点, 100点とする。

マーク外(スタートゾーン, 場外を含む)に放置された荷物は, 1個につき5点の減点とし, ロボットに積載または接触した状態の荷物は得失点にカウントしない。

【コメント】

他のテーマとの競合により, 提案時には実施されなかった。若干の翻案の後, 2005年度(第10回)のテーマとして実施中である。

2. 14 #014「みんな集めてひとまとめ」

【テーマ/ゲーム要領】

図36に示すような競技場の任意の場所に置いた4種類のブロックを, 銀線で区分された競技場の4つの部分に, 自律ロボットを用いて分別する時間を競うテーマである。

ブロックは, 底面積が同じ円錐と円柱および底面積が同じ四角錐および四角柱とする。ロボットは, 競技場中央のスタートゾーンから出発し, ブロックを分別後, スタートゾーンに戻る。

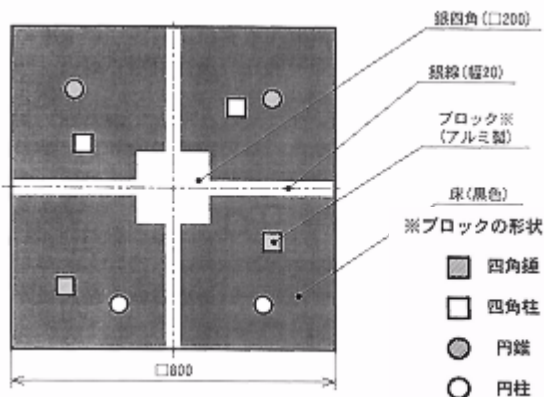


図36 競技場の仕様(#014)

【コメント】

4種類のブロックを認識する方法が複数提供できるか, 簡単なセンサのみでロボットの自己位置認識が可能か, について, 妥当な手法が見出せず不採用となった。人間は, 空間認識やパターン認識を得意とするが, これらを簡易な機械装置で実現するとは必ずしも容易でない。

この例のようなテーマでは, 区画をユニークに認識できる情報を競技場に埋め込む必要があり, マス授業で提供できる資材や授業環境に起因する制約を事前に検討することが重要である。

2. 15 #015「21世紀への贈り物」

【テーマ/ゲーム要領】

西暦2000年は, 21世紀に向けての橋渡しの年である。ロボットは21世紀に持っていく物(正の財産),

持っていない物が何かを宣言して競技に入る。競技場(図37)の「現在ゾーン」に置いたロボットが現在ゾーンに任意に置かれた過去の財産から正の財産のみを持って「未来ゾーン」に移動する。未来ゾーンは銀縁で区別し, 競技終了時にロボットもその中に収まることとする。

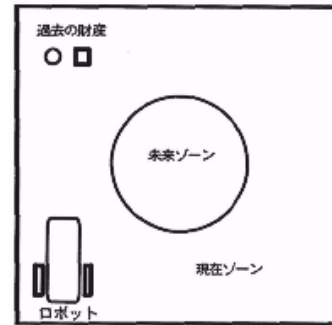


図37 競技場の仕様(#015)

【コメント】

これを原案とし, テーマ会議で翻案したものが2000年度(第5回)のテーマとなった。原案は, やややさし過ぎるとの判断がなされた。

2. 16 #016「メカスラローム」

【テーマ/ゲーム要領】

90cm角の競技場(図38)をラインにより16の区画に分割し, 下隅のスタートゾーンから上隅のゴールゾーンへ移動するに要する時間を競うテーマである。

スタート, ゴールはそれぞれ2ヶ所あり, 競技開始直前に指定される。また, ○印で示す9ヶ所の内, いくつかは空き缶が置かれる。ロボットは, 移動中に缶に触れてはならない。

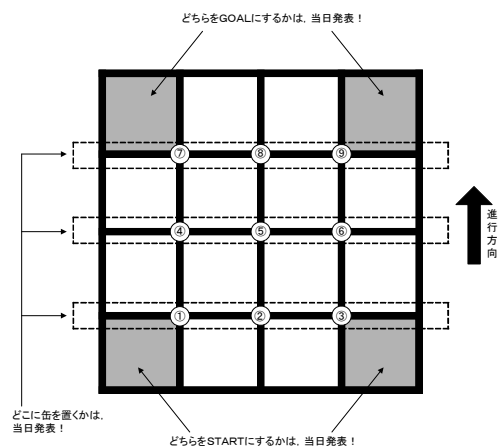


図38 競技場の仕様(#016)

【コメント】

ロボットの全方位に対して, 非接触での缶の認識を

どうするかについて実施可能な案がなく、見送りとなった。

人間が普通にできることを、機械で実現することの困難さを承知してテーマを考えることが大切である。また、高速走行性能を求める場合、ダイナミクスを考慮した運動制御が必要となるが、この授業の履修者にそこまでの技量を要求することは困難である。

2. 17 #017「ビルドアップゲーム」改

【テーマ/ゲーム要領】

図39に示す競技場内に散乱する大きさの異なる4個の直方体を、自律ロボットにより探索し、中央の円形台の上に運び、積み上げる高さを競うテーマである。

競技の制限時間は3分とし、ロボットは円形台に接触してはならない。製作するロボットに使用できるアクチュエータは3個以内とし、競技開始前に20cm角のスタートゾーン内に収まる大きさとする。

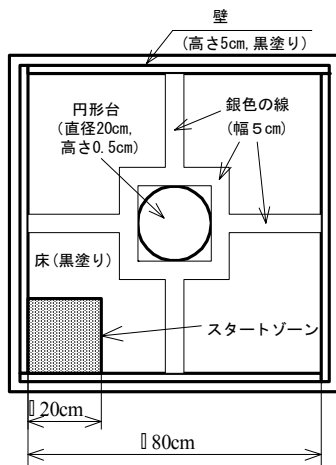


図39 競技場の仕様 (#017)

【コメント】

#012のテーマをより具体化した翻案である。機構面でやや難易度が高いが、実施可能なテーマである。これまで、他のテーマとの競合により、実施に至っていない。

2. 18 #018「ピック&キャリー」

【テーマ/ゲーム要領】

競技場(図40)のコーナーに3ヶ所に台座を置き、それぞれの上にピンポン球3個を置く。自律ロボットによりピンポン球を集め、競技場の中央にある円形台の上に乗せるまでの時間を競うテーマである。

制限時間を3分とし、この間に競技が終了しない場合は円形台に乗っているピンポン球の個数を得点とする。ロボットは円形台に接触してはいけない。

ロボットに使用できるアクチュエータは3個以内とし、競技開始前に20cm角のスタートゾーンに収まる大きさとする。

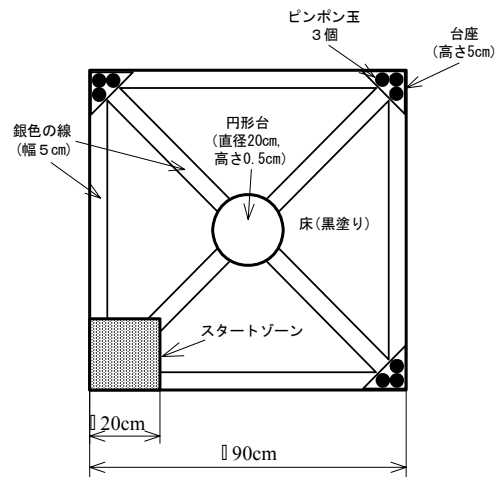


図40 競技場の仕様 (#018)

【コメント】

円形台上のピンポン球が転がり出ない仕組みが必要である。競技場内のロボットの移動運動に干渉することなく、かつ簡便な打開策が見出せず、見送りとなった。

球体は、方向によらず投影サイズが一定で、引っかかりもなく、爪やバケットによるハンドリングが容易であるが、置き場での転がり方を考慮してテーマ作りする必要がある。壁で囲うことは容易であるが、ロボットの動作を阻害する要因となり、デッドロックを生じやすい。

2. 19 #019「ホールインワン」

【テーマ/ゲーム要領】

競技場(図41)の床に、白色と黒色のピンポン球をそれぞれ10個ずつランダムに置き、競技開始時に選択した色のピンポン球を、自律ロボットを用いて半径12cmの扇穴に入れる。5分間に穴に入れたピンポン球の個数を競うテーマである。

競技終了後、ロボットは水平床部に戻ることとし、選択した色でないピンポン球はマイナスの個数としてカウントする。また、直径4cmの穴に入ったピンポン球は、競技に使用できないものとする。

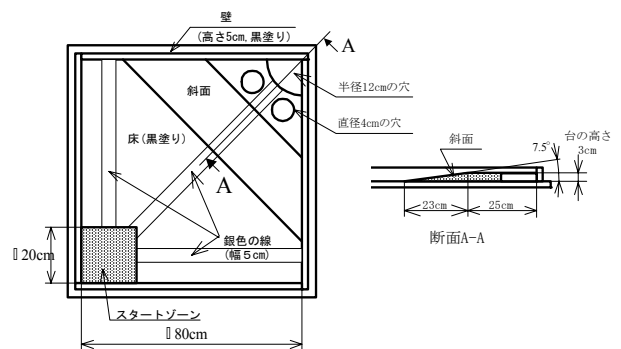


図41 競技場の仕様 (#019)

【コメント】

競技場の準備に手間がかかることから、実施を見送った。テーマ決定から授業開始までの時間が短く、製作チームがアイデア討論を終えるまでに競技場の実物を提示できないと判断した。

2. 20 #020「無題1」

【テーマ/ゲーム要領】

図42の競技場において、ライトレースにより銀線に沿った経路を一周する時間を競うテーマである。図の上下部分には壁がなく、自律ロボットが競技場外に落下した場合には失格とする。

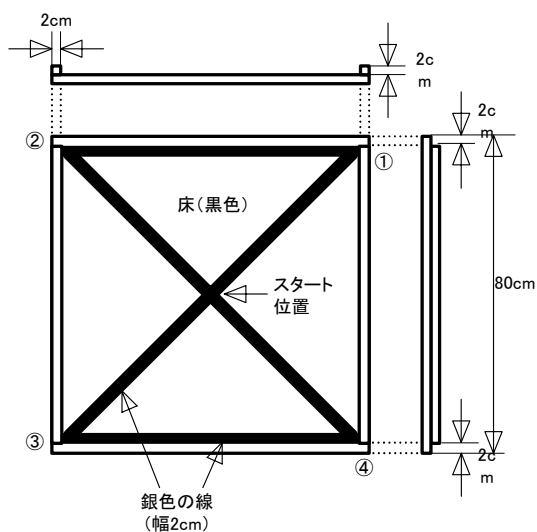


図42 競技場の仕様(#020)

【コメント】

経路が鋭角的に曲がる部分でライトレースが可能かどうか、また、ロボットのどの部分が経路上を通過すればライトレースしているかについて、合理的な提案がなかった。競技場の広さとロボットの大きさの関係から、この案ではロボットによる滑らかなライトレースは期待できない。

2. 21 #021「無題2」

【テーマ/ゲーム要領】

自律ロボットを用いて、壁で囲まれ銀線でマークされた競技場(図43)の中央に置かれた5個の空き缶を、3ヶ所の格納エリアに運びゴールに戻るまでの時間を競うテーマである。

所要時間を缶を置いたエリアの数で割り、競技時間を算出する。格納エリア外に缶がある場合、数に応じてペナルティ時間を加算する。競技開始時および終了時に、ロボットはスタートゾーンに収まる大きさであること。

【コメント】

若干の工夫で、実施可能なテーマである。空き缶

エリアの缶を全てハンドリングしたかどうかを、ロボットが認識するための工夫がないと、ロボットにとって競技終了の判断が困難である。空き缶エリアが空になったことをロボットに伝える仕掛けを備えると現実的なテーマとなる。

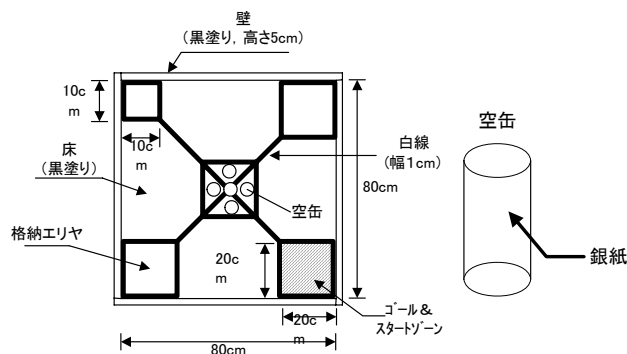


図43 競技場と缶の仕様(#021)

まとめ

以上、メカトロニクスシステム設計のテーマとして実施したもの10件ならびにテーマ案として議論したが実施に至らなかったもの21件について、テーマごとに簡単な競技説明と著者の評価/コメントを掲載した。

後者については、まだ十分な推敲がなされておらず原石の状態にあるものから、そのまま実施案として適用可能なものまで入り混じっている。全体として、取り留めのない記述に終始した点は否めないが、モノづくり授業に興味を持つ諸氏の参考に供することができれば、著者らの望外の喜びである。

10年間の授業を影に日向に支えてくださった制御情報工学科なびに技術支援室のスタッフに感謝の意を表して、小論のまとめとする。

参考文献

1. 藤澤正一郎, 平岡延章, 十河宏行, 由良論: 高松高専制御情報工学科におけるモノづくり教育と創造性育成教育, 工学教育, 51-5, 18-22, 2003.
2. 平岡延章, 十河宏行, 藤澤正一郎, 由良論: モノづくりを通じて「教え授ける」から「学び修める」教育へ —高松高専・制御情報工学科の実践事例一, 平成 13年度高等専門学校教員研究会(第一班)第1テーマ『『ものづくり』教育の現状と新しい在り方について』, 2001, 8, 福井(依頼講演).
3. 平岡延章, 十河宏行, 由良論, 川田和男, 藤澤正一郎: モノづくり教育のパラダイムを求めて —高松高専・制御情報工学科の実践事例一, 高等専門学校の教育と研究 別冊第2号 創造教育実践事例集, No.2, 2-9, 2000.
4. 新聞記事: “モノづくり教育”のパラダイム考, 日本工業新聞, 2000, 10, 18-11. 1 (5回連載). (創造教育実践事例集より抜粋)
5. 由良論, 平岡延章, 十河宏行, 藤澤正一郎, 川田和男:

モノづくり・製作課題に対する評価, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'00, 2000, 5, 熊本.

6. 川田和男, 平岡延章, 十河宏行, 徳永秀和, 由良諭: 羽ばたくメカトロ技術者の卵たちのために —メカトロニクスの実践教育—, 論文集「高専教育」, 22, 365-372, 1999.
7. 平岡延章, 十河宏行, 徳永秀和, 由良諭, 川田和男: 学生に目的意識を抱かせる方法 (高松高専制御情報工学科における実線事例報告), 平成9年度四国地区高等専門学校教官研究集会, 1997, 9, 新居浜.
8. 平岡延章, 十河宏行, 徳永秀和, 由良諭: 高松高専制御情報工学科におけるメカトロニクスシステム設計, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'97, 1997, 6, 厚木.
9. 高松工業高等専門学校 制御情報工学科 Web page 「モノづくり教育」: <http://www.takamatsu-nct.ac.jp/~SE/mechasys/mechasys.huml>.