

# サッカーロボットにおけるシュートシステムの研究

道下 貴広 坂 圭司\* 土居 優太\*\* 横山 和明\*\*\* 阪部 俊也

A study of a shoot system for soccer robot

Takahiro MICHISHITA Keiji SAKA\* Yuta DOI\*\* Kazuaki YOKOYAMA\*\*\* Toshiya SAKABE

人口知能やロボットシステムの研究として、ロボット達にサッカーをさせる“ロボカップ”が世界の研究者の参加を得て、毎年開催されている。我々は自動追尾機能をカメラにより、ボールを自動追尾し、ロボットがボールを確保する有効性を示した。しかしながら、同時にゴールの認識も必要であり、本研究では、ボールを保持後、ゴールを捜し、シュートを放つサッカーロボットシステムを開発した。さらに、ロボットの機動性を高める方法として、全方位移動が可能である駆動系を提案し、有用性を確かめ、シュート機構をソレノイド方式にすることで性能を上げることができた。

## 1. 緒言

現在、人工知能と知識ロボットに関する研究において、世界の研究者が共通の課題に取り組み、「ロボカップ」という競技会を通じて競い合っている。「ロボカップ」とは、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために自律移動ロボットによるサッカーを題材として日本の研究者らによって提唱された大会である。現在では、サッカーだけでなく、大規模災害へのロボットの応用として「ロボカップレスキュー」、次世代の技術の担い手を育てる「ロボカップジュニア」などが組織されている。その中でも、「サッカー」という競技は周囲の状況を把握し、味方との連携、あるいは敵の行動を予測して行動することが求められるため、ロボットが人間に近づくためには適した題材である。その「ロボカップサッカー」は、小型実機リーグ、中型実機リーグ、シミュレーションリーグ、SONY四脚リーグ、そしてヒューマノイド（人間型）ロボットリーグの5つのリーグによって構成されている。

本研究では、「ロボカップ」の中型実機リーグに参加することを旨とし、自律型ロボットの製作、VisualC++を用いてのプログラムの開発を行うことを目的としている。

従来のロボットでは、起動性能、シュート力の不足、ま

たボールのみしか認識出来なかったため、確実にゴールすることが出来ない等の問題点があった。そこで本年度は、従来のロボットから更なる性能の向上を図ることを目的とする。また、駆動システムを従来の2輪式から4輪式の全方位移動機構に変更することで、機動力の大幅な向上を図る。更にボールを自動追尾後、ゴールを検出しシュートを打つプログラムの開発を行う。<sup>1) 2) 3) 4)</sup>

## 2. ロボット本体

製作したロボットの全体の写真を図1に示す。ロボットには、シュート機構、全方位移動機構、コントローラ

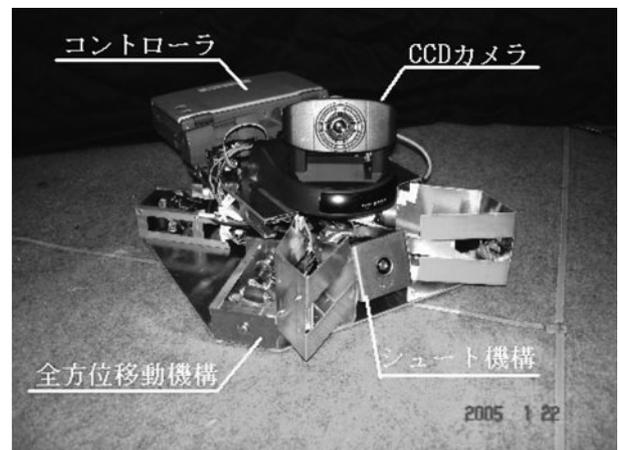


図1 ロボット本体

\*現大阪府立高専専攻科

\*\*現奈良高専専攻科

\*\*\*現奈良高専専攻科

のパソコン、視覚システムのカメラ、光学センサが取り付けられており、それぞれは図1に示すような配置になっている。パソコン、カメラ、バッテリーはマジックテープによって固定されている。なお、総重量は11.22kgであった。

この重い車重でも十分な機動力を確保するためにモータ・ギア選定はトルク重視で行った。

## 2.1 駆動システム

本研究では4輪式全方位移動機構を採用し、性能の大幅な向上を図った。図2に駆動系全体の写真を示す。

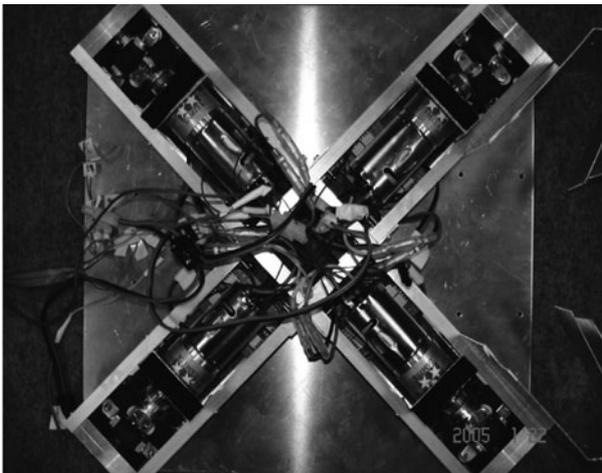


図2 駆動システム

### 2.1.1 モータ

モータとしては12V最大効率時に18kg・cmのトルクが得られるタミヤ製ギヤードモータ540K75を採用した。電源電圧12Vにおいて最大効率時での回転数は306rpm、最高速度は0.48m/sとなる。

表1 駆動輪モータの仕様<sup>5)</sup>

型番	540K75	
メーカー	TAMIYA	
重量	270g	
電源電圧	7.2V	12V
無負荷時回転数	221rpm	368rpm
無負荷時消費電流	1.2A	1.68A
最大効率時のトルク	12kg・cm (6.32A/185rpm)	18kg・cm (8.1A/306rpm)

### 2.1.2 モータドライバ回路

使用しているモータ540K75は出力が大きく、電流の消費量も多いので、市販のモータドライバでは制

御できない。そのため、FET (H7N0307AB:日立製)を使った制御回路を製作した。図3に回路図を示す。この回路は、FETによりH型ブリッジ回路を組むことにより、電流の流れる方向を制御しており、これによりモータの正転・逆転を可能としている。また、フォトカプラ (TLP250) を使用することにより、制御系の電源と駆動系の電源を分けてある。このため、駆動部に過負荷がかかった場合や電源がショートした場合などのトラブルが発生した時にも、制御系、特にパソコンが破損してしまうという事態を防いでいる。このモータドライバは4つのモータそれぞれについており、プリンタポートから送られてくる信号によってモータの回転方向が制御される。

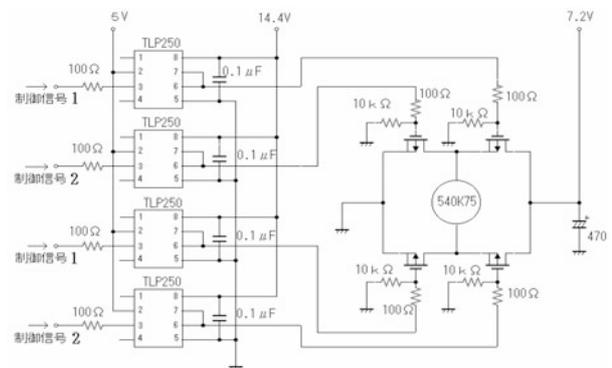


図3 モータドライバ回路

このモータドライバ回路では、制御信号として0を入力すれば回転するよう設計されている。制御信号1に0を入力した場合、右上のFETと左下のFETがスイッチング作用によりONとなり、電流が流れる。同様に、制御信号2に0を入力すると左上・右下のFETがONとなり、電流が流れる。このようにして回転方向を制御している。注意しなければならないのは、制御信号1・2が両方0となった場合には回路がショートしてしまう点である。この対策として、制御回路にマイコンを増設してパソコンからの信号が直接回路に入らないようにする等が考えられる。

### 2.1.3 動力伝達部

モータを車輪に直結させてしまうと必要なトルクが出ないという問題点がある。そのため、ギアによりさらに減速し、トルクを増大させている。また、これにより出力軸と車軸を分けることができ、モータ軸に直接的に負荷がかかるということも防いでいる。なお、出力軸と車軸とのギア比は1:2としてある。また、車軸とギア、ベアリングには高い強度を確保するためにステンレス鋼を使用している。

### 2.1.4 全方位移動機構

このロボットの駆動システムにおいて、最も特徴的なのが4輪式全方位移動機構である。これは、前進・後退、左右旋回に加えて、従来の2輪式では不可能な動きである左右平行移動、斜前・斜後移動を可能としており、サッカーロボット競技においては非常に有効な移動方式である。例えば、ボールが横に飛んできた場合、2輪式では、方向転換、横移動、方向転換と、3つの動作が必要となるが、全方位移動機構を搭載している場合、横平行移動という1つの動作だけで済む。(図4)

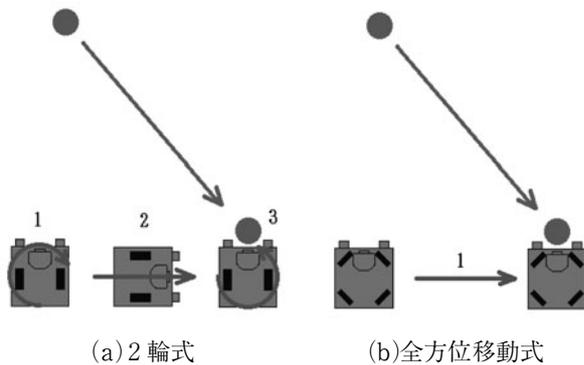


図4 全方位移動機構の利点(1)

また、前方に相手ロボット等の障害物があった場合も、ロボットの向きを変えずにかわすことが可能である。このため、前方(ゴール)を向いた状態でボールを保持したままの移動(ドリブル)ができ、有利である。

この他にも、4輪の正転・逆転、またそれぞれの速度を独立に制御することにより、様々な動きが可能である。これらの理由から、4輪式全方位移動機構を採用した。

### 2.1.5 全方位移動機構の概要

ロボットに搭載されている全方位移動機構の全体図

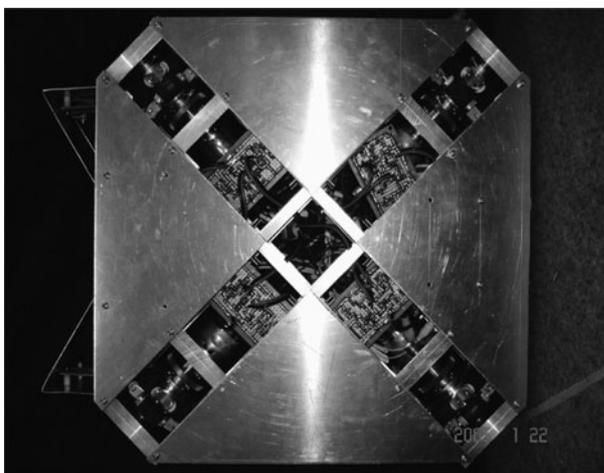


図5 全方位移動機構

を図5に示す。なお図5において、ロボットの前方に当たる部分は左側である。

車軸は直角に交差しており、通常車輪の車軸と比較すると45°に傾いている。4輪の車輪がそれぞれ独立に回転することが可能で、これにより全方向に移動することができる。

次に、車輪の写真を図6に示す。

図6に示すように、2輪のホイール(内輪・外輪)と合計8個のローラーで構成されている。車軸の回転方向と同方向に移動する場合は、内輪・外輪に装備された8個のローラーのうちどれか一つが地面に接触しており、これにより通常車輪のように回転・移動する。

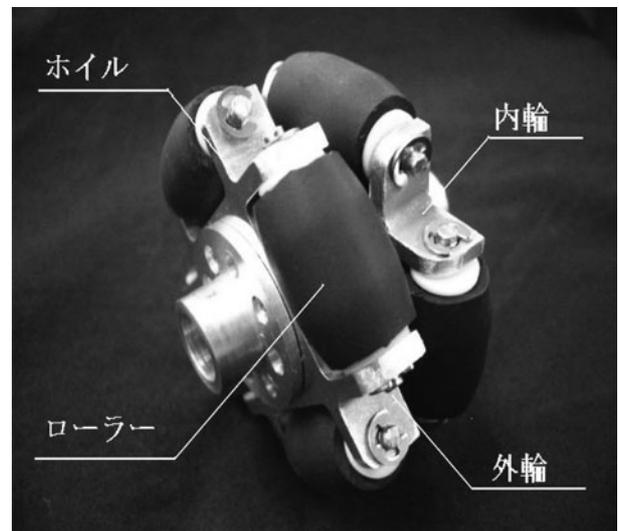


図6 全方位移動機構 車輪

次に、車軸の回転方向と直角に移動する場合は、地面に接触したローラーが回転し、横滑りすることにより移動する。なお、これらのローラーの内部にはアルミニウム製の樽型ローラーの他、ベアリングの代わりとして銅パイプ、ローラーの回転軸としてステンレス鋼製の棒が入っている。

### 2.1.6 機動性の実験

次に、本研究において製作した全方位移動機構の機動性を測定するための実験を行った。実験方法は、ロボットが前進、後退、右平行移動、左平行移動、右前方、左前方、右後方、左後方の8方向に1m移動する際にかかる時間を測定し、それによりロボットの速度を計算するものである。なお、今回の実験では駆動用の電源として7.2Vのバッテリーを使用しているため、前述の最高速度の60%程度しか出ないことが予想される。また、電子回路における損失も考慮する必要があるため、実際には60%以下であると考えられる。図7に実験結果を示す。

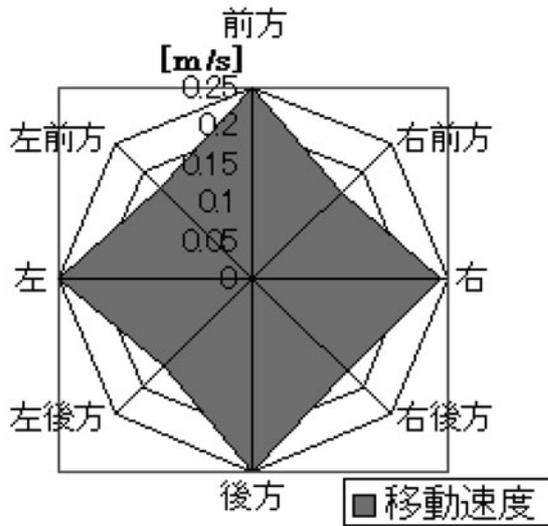


図7 移動性能

### 3. シュート機構

#### 3.1 シュートシステム

シュートシステムは、シュート機構、昇圧回路、ボールセンサから成っている。シュート機構にはソレノイドを使用している。これは、機構が単純、応答性が良い等の理由からであるが、ソレノイドは定格電圧をかけただけでは力があまりにも弱すぎるので、昇圧回路を搭載している。また、ロボットがボールをキャッチしたと認識するために、赤外線方式のボールセンサを搭載している。

#### 3.2 シュート機構

今回製作した打ち出し式のシュート機構を図8に示す。ソレノイドのコアに打ち出し部を取り付け、ボールを蹴る。ソレノイドの取り付け角度は、ソレノイドをロボット前方に取り付けた時にボールの中心を蹴れるように21.3°に設定した。シュート機構をロボット前方

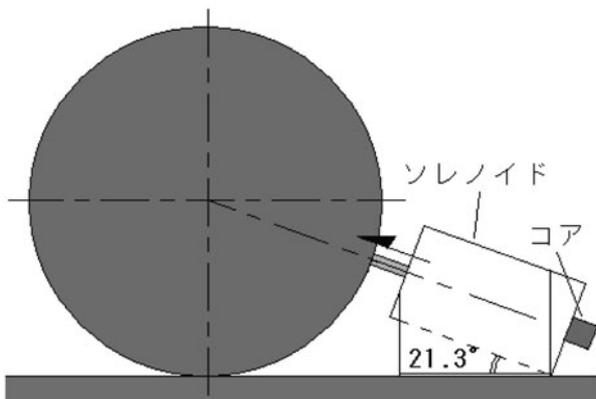


図8 シュート機構

に取り付けたのは、シュート機構の構造を出来るだけ簡単にするためである。これによって重心が前方にずれ、前と後ろで駆動輪の接地圧が変わるという問題が生じるが、ロボット後方にCPUなどの重量のある部分を配置することにより解決している。また、実験結果により、ソレノイドのストロークを50mm、ボールと打ち出し部の先端との距離を20mmに設定している。

## 4. プログラム

自動追尾機能でボールを追従し、ボールをキープした時点で別の画像処理でゴールを探し、それに向かってシュートをするプログラムを開発する。

### 4.1 画像処理プログラム

#### 4.1.1 二値化処理

カメラよりコンピュータに取り込んだ画像を二値化することにより、容易に対象物を特定でき、コンピュータの処理速度も向上する。カメラから取り込んだ画像データには、1ピクセルごとにR、G、B3色の色情報が含まれており、さらに各色の色情報は0から255の数値で表される。これらの組み合わせにより、24ビット16,777,216(=256×256×256)色まで表される。R、G、B各数値を自分で決めた閾値に照らし合わせることで、

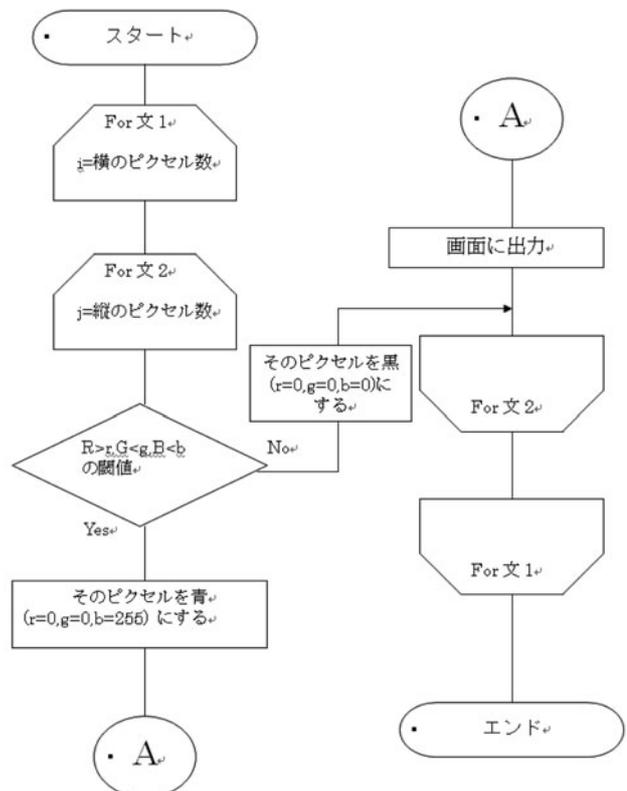


図9 二値化処理フローチャート

色の判別を行いそのピクセルのデータを判定した結果の色に置き換える。これを、すべてのピクセルのデータにおいて繰り返し、それをディスプレイに出力する。二値化処理のフローチャートを図9に示す。

#### 4.1.2 カメラの自動追尾から画像処理の切り替え

ボールだけでなくゴールを探し出すため、カメラ自身を持っている自動追尾機能だけでは1つの対象物しか追尾できないので、自動追尾とは別の画像処理に切り替え、制御する必要がある。しかし、そのまま自動追尾から別の画像処理に切り替えただけでは、図10のように文字や枠が残ったままの画像が送られてくる。そして、そのまま二値化などの処理を行うと、文字や枠までも二値化されてしまい正確な二値化がされない。そこで、図11のように、自動追尾モードを停止させ情報表示オフにして文字や枠を消去するよう、プログラムした。



図10 自動追尾状態の画像

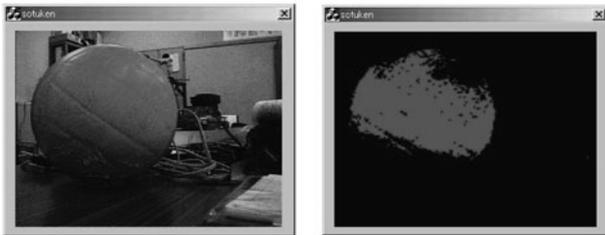


図11 自動追尾オフ・情報表示を消去した二値化画像

#### 4.2 自動追尾プログラム

まずプログラムがスタートすると、カメラの初期化と自動追尾モードの設定が行われる。次にカメラのパン・チルト座標の取り込みと追尾対象の認識情報の取り込みを行う。次にカメラが追尾対象を認識しているかを判断する。認識していなければ(見失っている)、追尾対象(ボール)を探すために検索関数に入る。もしカメラが追尾対象(ボール)を認識していれば、そのときのカメラの向きに追尾対象があると考えられるので、その方向にロボット本体の向きを変える。

ロボットがボールの真正面に入り、ボールに触れた時点でタッチセンサが反応し、パソコンに信号が送られる。そして、自動追尾機能がはずされ、画像処理でゴールを

探すプログラムへと移る。カメラがゴールを見つけ出し、ロボットがゴールの正面に入ればシュートを打つ。

#### 4.3 サッカーロボットの一連の動作

実際に自動追尾プログラムから別の画像処理に切り替わりゴールに向かってシュートするプログラムを実行したときの様子を図12に示す。

##### (a) ボールを自動追尾

まず、ロボットはカメラの自動追尾機能によりボールを認識し、ボールに接近する。この動作は自動追尾プログラムにより行われている。このときボールは、ロボットのほぼ正面に位置しているため、カメラも同様に正面を向いている。したがって、ロボットはボールが自分の正面にあると認識し前進する。もしボールが左右のどちらかにあれば、ロボットは体の向きを変えずに斜め方向に移動し最短距離でボールに近づく。

##### (b) ボールをセンサにより認識

そして、ボールがロボット前方に取り付けた赤外線センサに反応すれば、自動追尾機能から画像処理に切り替わる。

##### (c) ゴールを探索

ロボットはゴールを捜し見つければ、ゴールが正面に来るように斜め方向に移動する。

##### (d) シュート

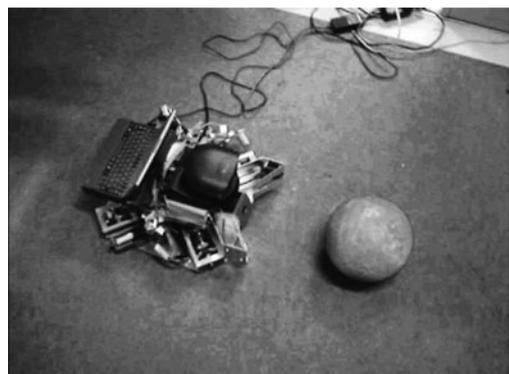
そして、ロボットがゴールの正面に立てばゴールに向かってシュートする。

##### (e) シュート成功

ゴールに向かってシュートをすることが出来る。

プログラムを実行した結果より、自動追尾機能を用いた動作のときでは滑らかな動きを見せた。

ゴールを捜すために自動追尾機能から画像処理のプログラムに切り替えるが、そのときにカメラへ信号を送って自動追尾をはずさなければならない。だが自動追尾からその信号を送って画像処理のプログラムに切り替え、再びロボットが動作するまでにおよそ9秒かかる。この



(a) ボールを自動追尾



(b) ボールをセンサにより認識



(c) ゴールを探索



(d) シュート



(e) シュート成功

図12 一連の動作

時間を短縮させなければ切り替えている間にボールが保持していない状況が出てくる。

画像処理プログラムで二値化処理するだけならおよそ0.6秒の間隔で画像を取り込み、二値化処理を行える。しかしサッカーロボットでは、その二値化処理を行った画像データからカメラの横方向の回転、ロボットの移動などの制御を行わなければならない。そのため、およそ1.5秒の間隔で画像処理し移動などの制御をしている。

## 5. 結 言

今年度は、ボールを探し、ゴールを認識し、それに向かってシュートするまでの一連の動作をすることが出来るようになった。また、全方位移動機構により移動性能が格段に上がった。

## 参考文献

- 1) 道下貴広 他：複数のセンサ入力による自律型移動ロボット制御の基礎研究, 奈良工業高等専門学校研究紀要第36号, p45-50, 2000
- 2) 道下貴広 他：自動追尾システムカメラを用いたサッカーロボットの研究, 奈良工業高等専門学校研究紀要第37号, p21-24, 2001
- 3) 道下貴広 他：自動追尾ズーム機能を用いたサッカーロボットの研究, 奈良工業高等専門学校研究紀要第38号, p17-20, 2002
- 4) 道下貴広 他：サッカーロボットにおけるシュート機構の研究, 奈良工業高等専門学校研究紀要第39号, p21-24, 2004
- 5) 田宮模型 タミヤギヤードモータースペック  
[http://www.tamiya.com/japan/robocon/robo\\_parts/g\\_motor/g\\_motor.htm](http://www.tamiya.com/japan/robocon/robo_parts/g_motor/g_motor.htm)
- 6) Circuit of Coilgun Pistol Pskov 1100  
<http://www.pskovinfo.ru/coilgun/circuite.htm>