

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第10230号
------	-----	---------

氏 名 劉 春芳

論文題目

Racket Control and Spinning Ball Measurement for Table Tennis Robot

(卓球ロボットのためのラケット制御とスピニングボール計測に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	早川 義一
委員	名古屋大学	教授	宇野 洋二
委員	名古屋大学	教授	鈴木 達也
委員	名古屋大学	教授	古橋 武

論文審査の結果の要旨

劉春芳さん提出の論文「Racket Control and Spinning Ball Measurement for Table Tennis Robot（卓球ロボットのためのラケット制御とスピニングボール計測に関する研究）」は、ロボットが生産ライン（閉じた定型環境）から生活環境（開いた非定型環境）へ進出することを背景に、非構造や時変の環境下でもロボットがその機能を十分に発揮できる実時間計測と実時間運動計画の基礎研究として卓球ロボット実現をめざし、その要素技術である卓球ボールのスピニング状態の実時間計測法、卓球ボールの運動に関わる種々の物理モデル、および打ち返し目標を達成するラケットの制御法を提案するものであり、全5章より成る。

第1章は序章であり、本研究の背景、卓球ロボットに関する研究の現状と課題、ならびに本研究の目的を述べている。

第2章では、高速で飛翔し自転する卓球ボールを2台の高速カメラ（900fps）で計測し、6フレーム程度の連続したカメラ画像から、卓球ボールの3次元位置、並進速度ベクトル、回転速度ベクトルを推定する実時間アルゴリズム（計算処理時間65msec以内）を提案している。提案手法は画像レジストレーション法に属する方法であり、パターンマッチングなどを用いない様々な工夫によって、処理時間を大幅に短縮している。提案手法の有効性は卓球ボールの回転装置を用いた実験と自動打ち出し機を用いた実験によって確認している。

第3章では、卓球ボールの空力モデル、卓球台との衝突モデル、ラケットでの打撃モデルの3種類のモデルを開発している。空力モデルの構築では、重力に加え、空気抵抗力やマグナス効果による揚力も考慮し、抵抗係数やマグナス係数は実験的に求めている。卓球台とボールの衝突モデルでは、衝突直前と直後の並進速度ベクトル、回転速度ベクトルの関係を物理的考察から導出し、その妥当性は実験によって検証している。また、ラケットでの打撃モデルでは、ラケットラバーの影響も考慮しつつ、打撃直前と直後の並進速度ベクトル、回転速度ベクトルの関係を導出し、実験での検証を行っている。

第4章では、ラケットでの打撃モデルと卓球ボールの空力モデルに基づいて、指定された時間と回転速度で、指定された相手コートに位置に、卓球ボールを打ち返すためのラケットの速度と姿勢を解析的に求める方法を提案している。この方法は常微分方程式の2点境界値問題と非線形連立方程式を同時に満たす解を近似的に、高速（50msec以内）で求めるものである。提案手法の有効性は手先にラケットを装着した多関節型ロボットによる打ち直し実験によって検証している。

第5章は本研究で得られた成果と今後の研究のまとめである。

以上のように、本研究は、視覚情報処理によるボールの並進と回転の速度ベクトル実時間計測法ならびに卓球ボールの運動に関する種々の物理モデルに基づくラケット運動計画法を提案し、その有効性を実機で検証したものであり、学術上、工業上寄与するところが大きい。よって、本論文提出者劉春芳さんは博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。