

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	宮坂 寿郎
論文題目	Study on Microwave-Driven Electric Vehicle for Agriculture （マイクロ波駆動農用電気車両に関する研究）		
(論文内容の要旨)			
本論文は、エネルギー問題、地球温暖化問題への一つの解決策としての農業機械の電動化を背景とし、農用電気車両へのマイクロ波送電による電力供給の可能性を検証したものである。マイクロ波送電技術とは電力をマイクロ波に変換し、送電アンテナから送出して離れた地点の受電アンテナで受電しマイクロ波を電力に変換することにより、無線で電力を送電する技術である。 研究内容は、パッチアンテナと整流回路からなる受電装置（レクテナ）によりマイクロ波を受電して走行する小型モデル車両の開発および走行する車両を追尾してマグネトロンにより電力から変換されたマイクロ波を送出する送電システムの開発、ならびにそれらによる実験である。またあわせて圃場でマイクロ波送電を行なう際に問題となるマイクロ波の作物への影響を検証するために、マイクロ波照射下におけるハウレンソウの発芽実験および生育実験を行なった。 モデル車両および送電システムの開発は3段階に分けて行なった。第1段階の開発および実験結果は以下のとおりである。車両として、固定した4面の受電パネル（レクテナパネル）を持つ小型モデル車両を開発した。送電システムはマグネトロン、ホーンアンテナ、ビデオカメラ、ターンテーブル、パーソナルコンピュータから成る。2台のカメラによる画像から画像処理により車両位置を検出し、マグネトロンおよびホーンアンテナの設置されたターンテーブルを回転させ、走行する車両に向けてマイクロ波を送電する。マイクロ波送電出力、車両の各モータの消費電力、検出された車両位置を計測した。実験結果として、画像処理による位置検出のスピードの低さに起因する位置検出誤差、ホーンアンテナからのマイクロ波の拡散が大きいことによる低い送電効率、固定式のレクテナパネルに起因する車両の方向が変化した時の受電電力の変化、という問題が明らかになった。 次に第1段階で明らかになった問題を踏まえ、第2段階の開発および実験を行なった。マイクロ波の拡散を少なくするために送電アンテナとしてパラボラアンテナを使用した。また車両側の受電装置としては、走行中に送電アンテナの方向に向く回転式のレクテナパネルを採用した。この実験からは以下の点が明らかとなった。パラボラアンテナを採用することにより送電効率が向上した。しかしパラボラアンテナおよびマグネトロンを搭載したターンテーブルの大型化による回転速度の低下、ターンテーブルを搭載しレクテナの数を増加させたことによる車両の大型化、ならびに車両位置検出の処理スピードの不足により安定した車両走行ができなかった。 第3段階として、前段階で明らかになった問題点を解決するために以下のシステムを開発した。360度回転可能な回転式レクテナパネルを搭載した第2段階よりも小型の車両、送電アンテナの追尾速度を向上させるために小型化されたターンテーブル、車両の位置だけではなく方向も検出できるカラーマーカを対象とした位置検出システム、である。このうち送電システムに関しては、小型化のためにホーンアンテナと小型マグネトロンを採用し、追尾速度の向上を図った。実験結果として、送電アンテナおよび受電レクテナの回転角の誤差範囲の目標値、走行中の受電電力およびその変化、送電アンテナおよび受電アンテナの応答、実験フィールド内で受電可能と期待される受電電力の推定分布が得られた。 さらにマイクロ波の作物への影響を検証するために、ハウレンソウの発芽実験お			

よび生育実験を行なった。まずハウレンソウの発芽実験では、マイクロ波の熱的／非熱的影響についての検証を行なった。温度と成長量の関係が、マイクロ波の熱的影響下と非熱的影響下で違いが出ることを推定し、その関係を示すグラフの形から熱的影響であるか非熱的影響であるかの解明を試みた。マイクロ波照射が有る環境と無い環境について、1回の実験につき1000粒の種子を12℃、20℃、30℃、35℃の各温度条件下で水耕により発芽させ、播種後96時間経過の後にスキャナにて各個体の画像を取得し、成長量を計測した。その結果、温度と成長量の関係およびマイクロ波電力密度と成長量の関係から、非熱的影響の存在が示唆された。

ハウレンソウの生育実験ではマイクロ波照射が有る環境と無い環境について、土耕で1週間、3週間、5週間の生育期間で実験を行ない、地上部生体重、乾物重、葉面積の計測を行なった。その結果、ウィルコクソンの符号付順位和検定 ($p=0.05$) においてマイクロ波照射の有無により地上部生体重、乾物重が有意差を示した。

ただし発芽実験、生育実験ともに、目視による限りハウレンソウには成長に関して悪影響は観察されなかった。

以上の研究から、農用電気車両に対してマイクロ波送電技術を適用する際の問題点、課題が明らかになり、今後この技術を利用する際の適用分野・範囲および技術上の指針を示すことができた。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本研究はエネルギー問題、地球温暖化問題を背景として、農業電気車両に対してマイクロ波送電技術を適用する際の技術的問題点、およびマイクロ波送電を圃場で行なう際の作物に対する影響の検証を行なったものであり、評価すべき点は次のとおりである。

1. マイクロ波受電レクテナを搭載した小型モデル車両、およびマグネトロンと送電アンテナ、ターンテーブルから成る送電装置を開発し、追尾のための位置検出装置を備えた送電装置からのマイクロ波送電により、モデル車両がマイクロ波を受電し電力に変換することにより実際に走行可能であることを示した。
2. マイクロ波による車両の走行実験から、送電効率、車両の所要電力、追尾に必要なとされるシステムの応答速度や回転角誤差を含めた送電装置に要求される性能、実験フィールド内で受電可能な電力の推定値を見出した。
3. 上記の実験結果から、農用電気車両に対しマイクロ波送電技術を応用するには送電効率、送電距離が大きな要因であることを明らかにし、送受電システムに関する技術的課題を見出した。
4. マイクロ波の作物に対する影響を検証するハウレンソウの発芽実験において、温度と成長量の関係から、マイクロ波の非熱的影響の存在が示唆される結果を得た。また生育実験においては、マイクロ波によるネガティブな影響がないことを示した。

以上のように、本研究は今まで研究の行なわれていなかったマイクロ波駆動農用電気車両における技術的課題を提示し、作物に対するマイクロ波の影響も含めた幅広い検証を行なったものであり、農業システム工学、フィールドロボティクス、生物センシング工学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成26年2月7日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日：平成26年 4月 1日以降（学位授与日から3ヶ月以内）