

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 伊藤 崇之

山岳地における木材搬出システムとして、空中にワイヤロープ架線を張る架線集材技術が複雑な地形を克服する一手段として有用である。ウィンチで構成される固定式集材機に対して、伸縮式タワーを搭載した車両移動式のタワーヤードなどが開発され、架線集材の短所である架線の架設撤去の手間が大きく改善され、生産性が向上した。本論文で対象とする自走式搬器は、固定主索上を走行し木材を吊り下げる搬器に動力とウィンチを搭載することにより、搬器の移動を担う引寄せ索などを省いて架線の架設を簡易にしたものである。自走式搬器作業は、荷をかける先山側と荷を下ろす土場側で操作を分担し、土場側ではオペレータが搬器到着の度にリモコン操作しながら荷外し作業を行っている。このため、搬器の接近に留意しながら他の造材などの連携作業を行わなければならない、この間作業能率が低下し、線下作業によって木材落下などによる災害も過去に発生している。今後、さらなる生産性の向上と作業の安全化を図るためには、自動運転の導入による作業の無人化が効果的かつ不可欠であり、災害の受け手を排除することによる安全向上の意義は大きい。本論文では、自走式搬器に関して、一連の作業工程を完全に自動化する自動運転装置の実用化を目指した研究を行った。

自走式搬器の自動運転は、走行用ドラムを制御して走行・停止動作ならびに速度管理を行う「自動走行」と、荷吊り索ドラムを制御して荷下ろし動作とその速度管理を行う「自動荷おろし」に大別できる。まず、自動走行では走行距離計測装置と停止位置誤差累積抑制機構を開発した。走行距離計測装置は主索に接する滑車の回転数をロータリーエンコーダで計測する方式とし、片持ち式として構造を単純化するとともに中間サポートの乗り越えを可能とし、ステータンパで測距滑車を主索に押しつけるタイプの計測装置とすることにより、支間傾斜角や搬送質量などの条件に影響を受けず、最も安定して誤差の少ない計測を可能とした。停止位置誤差累積防止機構は、搬器位置の基準点を設置し、定期的に搬器を通過させることで走行距離計測装置から算出した搬器位置とのずれを修正するものであり、搬器が通過可能なクランプを基準点とする方式と、ラインレーザーを照射して基準点とする方式を開発した。クランプを使用した方式では、計測誤差値から次の誤差を予測

して計測距離を補正する方式を考案し、停止位置誤差を 0.4~2.4m に大幅に縮減することができた。もう一つのレーザーを使用した方式では、直線距離で 45m までは 100% という十分実用可能な結果を得た。試作機を用いて実際の現場で集材試験を行い、クランプ式とレーザー式を併用することにより、停止位置誤差は平均集材距離 228m に対し、最大 0.22m と十分実用に耐える性能を発揮していることが確認された。

次に、常に正確な自動荷下ろしを行うためには、従来のドラム回転数から索降下量を計測する方法だけでなく、吊荷が着地して荷吊索にかかる負荷が無くなったことを検知する必要があり、荷吊索にかかる負荷を、荷吊索ドラム駆動用油圧モータの圧力として計測する方法を考案し、圧力が減少し始めた時を接地、無負荷になった時を着地として荷下ろしの自動停止を行う制御方式を考案した。この方式は油圧モータに圧力変換器を取り付ける改造だけで実現可能という長所がある。吊荷が軽い場合の油圧の変化に対して検知可否の境界条件を明らかにし、計算値通りの実験結果を得た。また、接地直後の丸太の倒伏速度と索降下速度との差から荷吊索が緩んで差圧が一時的に著しく低下することによる着地の誤検知に対しては、接地時のフック高が一定値以上の場合には接地直後の着地検知を無視するように制御することで解決した。さらに、接地後に索降下と搬器走行を自動で交互に行う制御プログラムを作成して、脱荷異常を検知し、様々な材の大きさや載荷状態に応じて荷下ろし動作を正確に行い、丸太の散乱を防いで主索方向に揃えることを可能とした。このことは初めての成功例である。

以上、本研究により、自走式搬器の自動化に関して、十分な操作精度と耐久性を実現し、むずかしかった荷下ろしの自動化も可能にし、作業時間全体の 10~30% の省力化と最大 50% の労働生産性向上が可能となることが提示された。本研究で開発した装置は、すでに市販の機械にも安価で搭載可能であり、今後の普及も容易で実用的である。自動荷下ろし制御により線下作業を排除し、作業員の安全を高めた社会的意義も極めて大きい。今後、最新のセンサーを組込んで軽量化と精度向上を図りながら、各地の林業現場の作業に大きく貢献するものであり、学術上、応用上貢献することが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。