

先端技術を活用した農林水産研究高度化事業

1 1 低棟ハウスと全面水耕ベッドによる葉菜類の超低コスト・高収益施設（第3報）

動作解析と現地試験による作業システムの評価

橋本晃司, 横山詔常, 越智資泰*, 坂本隆行*

The super low cost and high earnings facilities of leafy vegetables
with the low building house and the overall solution culture bed (3rd Report)
Evaluation of work system by motion analysis and site test

HASHIMOTO Koji, YOKOYAMA Noritsune, Ochi Tomoyasu* and SAKAMOTO Takayuki*

The purposes of this study are the development of comfortable work system and cultivation apparatus used in the low building house. The stock system for decreasing the turn action of harvest work in last year was developed. Analysis of the stock system was conducted indoors. As a result, it has been understood to be able to decrease the moved distance of both hands and the head compared with the conventional method. Moreover, analysis of the stock system was conducted on the spot survey. As for the stock system, the twist angle and the anteversion angle of the body were little, and it was found comfortable compared with the conventional method. In addition, developed work system for the low building house and conventional method were evaluated in the field test. As a result, the work system in the low building house, that it shortens work time and that it improves work posture clarified.

キーワード：ストック方式, 動作解析, 捻り角度, 前傾角度, 現地試験

1 緒 言

本研究は農業技術センターを中核機関に大学、企業と共同で水耕ネギ栽培ハウスの低棟化による低コスト化を目指すものである¹⁾。当所は低棟ハウスでの、身体負担がなく効率的な作業システムと管理器具について、人間工学とデザイン技術を導入した研究開発を行なう。

前報では、デジタルヒューマン(UGS PLM Solution 製 Jack2.2i)によるエネルギー消費率シミュレーションで「収穫作業での振返り動作」が問題となり、この振返り動作を減少させるストック方式を開発した²⁾。従来の方法では、栽培ベッドからネギトレイを取上げて、根を切ってコンテナに納める振返り動作をネギトレイ1個ごとに行っていたが、ストック方式では複数個まとめて、この工程を行なうので振返り動作を減少できる。

本報ではストック方式の効果を、まず室内で両手と頭部の移動距離について、次に現地で捻りや前傾を動作解析した結果を報告する。また、この結果を取り入れて完成した作業システム全体について現地試験したことについて報告する。

2 室内動作解析

「収穫作業での振返り動作」について、ストックなし方式とストック方式の違いを動作解析装置で比較した。動作解析は身体の計測部位に固定した反射マーカを複数の CCD カメラで撮影して行った。現地では栽培ベッドやポールで計測部位が隠れることや、太陽光の影響によりデータが欠損する恐れがあり、両手と頭部の移動距離の動作解析は計測精度の高い室内で行った。

実験は生産技術アカデミー実験棟の実験デザイン室で行い、被験者は水耕ネギ栽培経験6年の41歳男性とした。6台の撮影記録装置(ライブラリー社製 CCD カメラシ

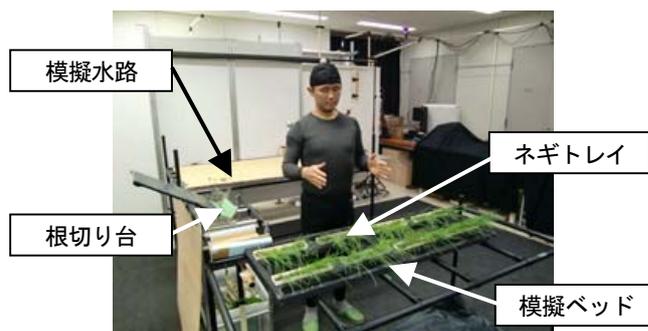


図1 作業配置の再現

*広島県立総合技術研究所農業技術センター

システム)で被験者を撮影し、リアルタイム画像処理装置(ライブラリー社製 Radish/RD60G-3D1)で解析した。

図1のように、室内に現地低棟ハウスの作業配置を再現した。図手前の模擬栽培ベッドからネギトレイを取上げ、左の根切り台で根を切ってネギトレイとネギを分離し、奥の模擬水路へネギを置く。前報ではストックを4トレイとしたが、作業台の改良と実験設備の増設により8トレイのストックが可能となったため、ストックなし、ストック方式共に8トレイ分の作業を比較した。

被験者の両手首と頭部に直径3cmの反射マーカを付けた。反射マーカの三次元的な変位を、床から220cmの位置に被験者を取り囲むように6箇所配置した撮影記録装置で撮影し、リアルタイム画像処理装置で解析した。

3 現地動作解析

捻り動作や前傾動作の解析は、水の入った栽培ベッドやネギの生育状態の影響があるため現地で解析を行なうこととした。実験は安芸高田市高宮町の試験用低棟ハウスで行った。ハウス内の作業場を暗幕で囲い、6台のカメラを高さ220cmの位置に固定して作業を撮影し、別棟の分析場所にて動作解析を行った(図2)。奥と手前列の計8個のネギトレイ(図3)の収穫を撮影した。



図2 実験場所

図3 トレイ位置

被験者の両肩と左右大転子に直径3cmの反射マーカを付けて撮影した。次に動作解析装置で両肩の反射マーカを結んだ線と、左右大転子の反射マーカを結んでスティックモデルを作成する(図4左)。両肩と左右大転子のス



図4 スティックモデル作成(左)と動き(右)

ティックモデルの三次元的な位置関係から、作業姿勢における体幹の捻りと前傾角度を解析した(図4右)。

4 現地試験

動作解析の結果を取り入れて完成した作業システム全体について現地試験した。試験は大型ハウス内の高設栽培ベッドによるネギトレイでの水耕栽培(以下、従来式)と低棟ハウスでの作業を時間、作業姿勢の点から比較評価した。被験者は動作解析実験と同じで、作業量はパネル30枚分(ネギトレイ120個)としトラック積荷まで作業全般を通じて評価した。

5 結果と考察

5.1 室内動作解析

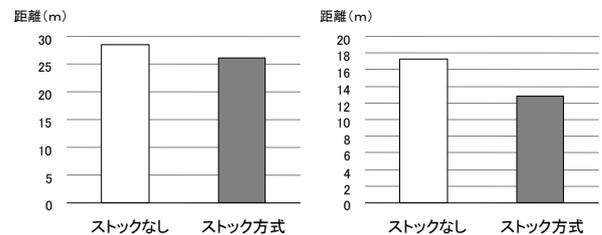
図5のような両手と頭部の移動軌跡となった。ストック方式で頭部の軌跡と手首の振り幅の減少が見られる。

この結果を図6のように定量化した結果、両手平均ではストックなし方式が28mでストック方式は26mとなり8%の減少となった。頭部ではストックなし方式が16.7mとなり、ストック方式は12.4mで26%の減少となった。

両手平均で2m、頭部で4.3mと、8%から26%の大幅な移動距離の減少効果が見られた。8トレイでの結果であり、実作業で200トレイ以上を収穫する際には大きな軽労効果があると考えられる。



図5 ストックなし(左)とストック方式(右)の軌跡



【両手平均】
図6 移動距離

【頭部】

5.2 現地動作解析

図7のように捻り角度は、ストックなし方式は奥列で40度を超え、手前列でも30度超えや近位となることが分かった。ストック方式は最初に8トレイ分をまとめて集

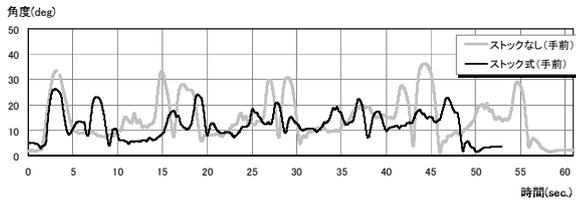
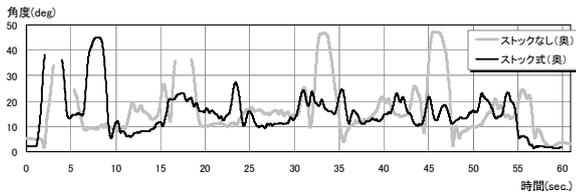


図7 捻り角度変移(上:奥列, 下:手前列)

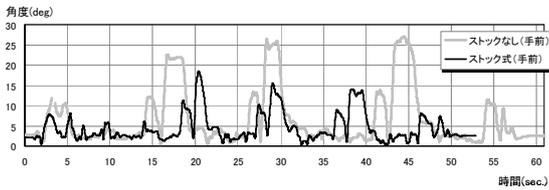
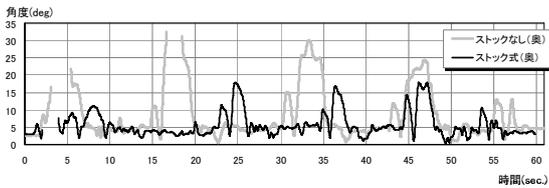


図8 捻り角度変移(上:奥列, 下:手前列)

める際に40度を超えた以外は30度を超えることなく20度弱であることが分かった。

図8のように前傾角度はストックなし方式では奥列, 手前を通じて収穫動作ごとに25度から30度となり, ストック方式は奥列, 手前を通じて15度付近と前傾角度が小さく身体負担が少ないことが分かった。現地動作解析から, ストック方式では図9に示すような体幹の捻りと前傾角度の大きい作業が少ないことが分かった。この方法で作業システム全体の現地試験を行うこととした。

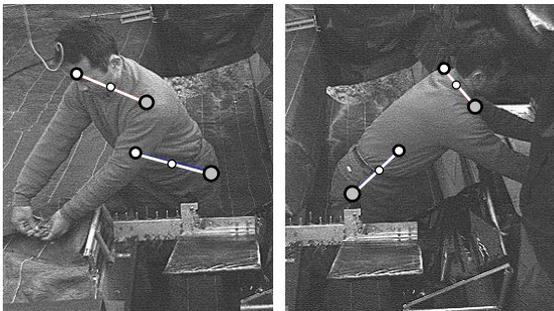


図9 捻りと前傾角度の大きい姿勢

5.3 現地試験

5.3.1 定植作業

従来式の作業時間は19分3秒で, 低棟ハウスは19分40秒となった。定植作業自体は低棟ハウスでの作業が早

いが, 水路を使った育苗箱の回収に手間取った感じがあった。時間的には縮減効果がなかったが, 図10のように従来式で見られた深い中腰(左)や肩から育苗箱等を取り出す(右)といった身体の上下動が大きい作業について, 低棟ハウスでは水路から栽培ベッドへ身体の上下動がなく作業可能となった(図11)。

作業者の聞取りでも棚から育苗箱を下ろさない分, 低棟ハウスでの作業が楽な印象であった。



図10 従来式の負担の大きい定植作業



図11 低棟ハウスでの上下動の少ない定植作業

5.3.2 収穫作業

従来式の作業時間は51分で, 低棟ハウスは47分となった。ネギトレイ1個につき栽培ベッドからコンテナ間で振向き動作をしていた従来式(図12)に対し, ネギトレイを8個まとめて収穫するストック方式(図13)により, 作業負担軽減と時間縮減による作業効率化を可能とした。



図12 従来式の振向き動作の多い収穫作業



図13 低棟ハウスでの振向き動作の少ない収穫作業

5.3.3 運搬作業

従来式では図14(左)のようにネギの入った重いコンテナを高く積み上げたり、中腰姿勢で床に置く作業など上下動のある作業が多かった。低棟ハウスでは図14(右)のように水路による運搬方法を開発したことにより、栽培ベッドから水路、水路からトラックへ高さ方向の変化が少なく運搬できるようになった。



図14 従来式の運搬(左)と水路による作業(右)

5.3.4 培地とネギトレイの回収

従来式では図15のように、根切り台の下部に培地回収とネギトレイ回収部が固定されていたために、負担の大きい中腰姿勢が生じていた。

低棟ハウスでは図16のように、根切り台と回収部を別にした。根切り台を跳ね上げて、回収部を台車で運べることで中腰姿勢が生じないようにしている。



図15 従来式の培地回収(左)とネギトレイ回収(右)



図16 跳ね上げ式根切り台による回収

5.3.5 作業姿勢評価

従来式と低棟ハウスにおける定植、収穫での作業姿勢をJOWAS³⁾で評価した。その結果、「AC2:早期に改善すべき作業姿勢」の出現頻度が、従来式で定植 2.6%、収穫

7.8%であったことに対し、低棟ハウスでは両作業ともに0%に減少することが分かった。

6 結 言

本報では、動作解析からストック式等の作業システムの開発を行い、このシステムを導入した低棟ハウスの作業性を現地試験にて評価した。本研究の成果は以下のとおりである。

- (1) 室内実験にて、両手と頭部の移動距離を動作解析し、ストック方式で大幅な減少が可能と分かった。
- (2) 現地動作解析にて、ストック方式での体幹の捻り角度は20度弱であり、前傾角度は15度付近と前傾角度が小さく身体負担が少ないことが分かった。
- (3) 現地試験において、ストック方式により、振向き動作による負担軽減と時間縮減による効率化を可能とした。
- (4) 水路による運搬方法や、培地とネギトレイ回収方法の改善から作業負担を少なくすることができた。
- (5) 従来式と低棟ハウスにおける定植、収穫での作業姿勢をJOWASで評価した結果「AC2:早期に改善すべき作業姿勢」が低棟ハウスでは0%になったことが分かった。

ストック方式の有効性について、動作解析装置を用いて手や頭の移動距離や体幹の捻り、前傾角度から明らかにする方法で、身体負担の大きい振返り動作を減少した作業システムとして完成することができた。また作業時間の計測やJOWASによる作業姿勢の評価手法から、低棟ハウスでの作業システムが作業性の高いものであることを評価し完成することが出来た。

今後、このシステムの県内ネギ生産者への普及を進めるとともに、本研究での動作解析、作業評価、器具による作業改善技術について、今後増加が見込まれる植物工場の他、工場現場の快適効率化への応用を検討していきたい。

文 献

- 1) 橋本他：広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告, 51 (2008), 45
- 2) 橋本他：広島県立総合技術研究所西部工業技術センター研究報告, 52 (2009), 24
- 3) 瀬尾明彦：
<http://homepage2.nifty.com/aseo/jowas.htm>