農業トラクタの長時間連続運転時にみられた心身反応の例

○酒井一博, 川上剛 (労働科学研究所)

Physio-psychological Responses during Longterm Driving on Agricultural Tractor
Kazuhiro Sakai, Tuyoshi Kawakami (Institute for Science of Labour)

1. 目的

徐々に大型化・自動化の方向に進む農業生産技術体系をそこで働く人間の側から評価する方法の開発を目的とする。自動化・大型化する農業生産技術体系のもとでの作業は、農業者がオペレータ化し、マニュアル通りの操作を強いられ、機器を連続監視するなど、労働負担の質と量の変化が予想される。農業労働負担を適切に評価する方法を改めて開発することによって、人間と機械システムの共生に必要な人間工学的な設計基準について検討する基礎資料を得る。

2. 方法

1996年10月下旬に圃場にて、農業トラクターによる耕耘作業中のオペレータの複合生理反応を連続同時計測した。実験では高速条件(0.75m/s、副変速2、主変速2、クリープ入り、PT02速)と、低速条件(0.38m/s、副変速3、主変速4、クリープ入り、PT01速)でそれぞれ約0.5ha(195×25m)の耕耘作業を行った。計測項目は、生体反応として眼球運動(上下方向、左右方向)、心電図、筋電図(右総指伸筋、左右僧帽筋、右大腿部四頭筋)、呼吸数の8チャンネルをテレメータ方式で連続同時記録した。このほかマシンパフォーマンスとして、エンジン回転、車速、ハンドル操舵角なども生体反応データと同時計測した。また、ビデオカメラにてオペレータの表情や姿勢などを撮影するとともに、観察法により作業経過のタイムスタディを行い分析の便に供した。とくに、タイムスタディでは耕耘中に起こる後向き動作のほか、あくびなどの副次動作の出現を計数した。さらに、作業速度、耕耘幅、環境条件などの測定も行った。被験者は33歳の男性(174cm、78kg)1名であった。

3. 主要な結果

図1に、低速条件の実験で得られた各生理指標の1分値または10秒値の変動経過、図2には、各生理指標の5分間の平均値の変動を示し、上段が低速条件、下段が高速条件である。主要な結果は次の通りであった。

1. 約0.5haの総耕耘時間(試験時間)は、高速条

件で59分46秒、低速条件で1時間52分43秒であった。

2. 試験終了直後に行った被験者からのヒアリングでは、高速条件においては目の疲れと、試験半ば過ぎごろから眠くなったことが訴えられたが、そう強いものではなかった。全身の疲労感の訴えはなかった。低速条件では終了後に「疲れた」と応答した。とくに腰のだるさと、後頭部の疲れが訴えられた。また、試験途中で一時眠ったが、後半は目が覚めたと回答された。

3. 経過観察において、高速条件ではあくびはみられなかったが、低速条件では試験開始後20~30分にかけてと、60分前後の時点でトラクター操縦中のあくびが断続的に観察された。

4. 筋電図では、高速・低速条件ともにトラクターの旋回に合わせて、右大腿部四頭筋と右総指伸筋の一過的な筋電位の上昇がみられる。

5. 呼吸数でみると、高速条件では試験開始後15分くらいまでは25~35回/分と多く、初期的な高進状態を認めた。その後、25回/分内外のレベルに落ち着くが、35分過ぎからは再びバラツキが大きくなるなかで、20回/分前後の安静値に近いレベルにまで低下する様子がみられた。

低速条件では、最初の10分間で初期的な呼吸数の上昇がみられたが、その後、15分から30分当たりにかけては毎分15回あたりと呼吸数の顕著な低下が認められる。また、60~75分くらいまでにも呼吸数の減少がみられた。これらの現象は被験者の眠けの訴えやあくびなどによく一致して起こっていた。

6. 上下方向の眼球運動記録から瞬目(ブリンク)数の変動についてみると、高速条件では、試験開始後26~27分後の時点から顕著な減少が認められた。26~27分までの瞬目数は約5~8回/10秒(30~50回/分程度)であったが、それ以降、約3~7回/10秒(20~40回/分)のレベルに低下した。

低速条件では、約7~8回/10秒(40~50回/分)のレベルにあり、高速条件と類似していた。しかし、15~30分にかけてと60分過ぎの2回、断続的だが、20回/10秒(120回/分)前後と、瞬目が群発している様子を認めた。この群発瞬目は被験者

が眠けに抗して頑張るときによくみられる現象であるが、前後の状況から判断して、今回の例も眠けに抗している場面と考えられる。

7. 左右方向の眼球運動記録から飛越運動（サッケード）の変動についてみると、高速条件では、試験開始30分後あたりから、飛越運動回数の減少が認められた。また、低速条件でも、15～30分にかけてと60分過ぎあたりで、一過性の顕著な飛越運動回数の低下があった。

これらの飛越運動回数の低下は被験者の眠けと関連しているようであるが、耕耘の質確保や安全運転のための視覚情報収集の質が悪くなっていることが示されている。

8. 図2で高速条件における心拍数についてみると、一様に低下する様子がみられ、単調状態を反映した結果と解される。

9. 図2によって、呼吸、瞬目、サッケード回数などをそれぞれ5分間の平均値の変動によってみたところ、低速条件の結果が特徴的であった。とくに、図中に□印をつけた2ヶ所では、本人の眠けの訴えやあくびの発生とあわせて、呼吸の顕著な低下、瞬目数の一過的な上昇、サッケード数の低下などは同時に起こっていたことをみてとれる。

図1 低速条件における複合生理反応の変動

4. 結論

今回のような耕耘作業においては、作業の単調性に起因する覚醒水準の低下と、長時間連続作業による疲労現象とが重なって起こることが示唆された。このうち、作業の単調性による覚醒水準の低下現象の指標として、呼吸数、瞬目及び飛越運動の連続測定と、タイムスタディによる作業状況ならびにあくびなどの副次動作の同時分析が有効であることが確認された。

大型農業機械の長時間操縦にもとづく生体負担の指標を明らかにしていくためには、今後、生理指標ごとの特徴記述にとどまらず、①操縦行動と生理指標との関連、とくに安全や運転の質（まっすぐに耕耘する、一定の深さで耕耘する、ほか）などに代表される操縦パフォーマンスと覚醒水準の低下や疲労状態との関連の解明、②複合生理反応の相互の関連分析、とくにフェーズ別の相関分析が期待される、③覚醒水準の低下や作業者のへばりにいきつくプロセスの分析、などが必要である。

注：呼吸と心拍は1分あたり、瞬目と眼球左右は10秒あたりの回数を示す

図2 複合生理反応の5分間の平均値の変動

【謝辞】本研究は、農水省「未来型軽労化農業技術確立のための基盤技術開発に関する総合研究」の一環で行われ、北陸農業試験場小林恭室長、大黒正道研究員らとの共同実験の成果である。