

深度センサを用いたリスクに応じた作業範囲の検討

東海大学 ○竹田 直人, 東海大学 ◎関根 務

これまで機械作業中における事故防止に向けて、さまざまな安全対策が講じられてきた。本研究では、人を検出できるセンサに着目し、機械作業時のリスクに応じた距離の設定について検討している。特に深度センサを用いて人物の検出及びその深度の検出を行い、センサ検出範囲を基にしてリスクに応じた作業範囲について考察した。

1. 緒言

製造業における死傷事故件数の中でも挟まれ、巻き込まれにおける死傷事故が全体の 31 % となっている[1]。その対策としてこれまで安全柵やライトカーテンなど様々な安全対策が講じられてきた。しかし、メンテナンス時などの作業する場合の事故も増加しており、問題となっている[2]。そのため、通常の対策とは別の対策を講じることが必要である。

本研究では、その対策案の 1 つとして稼働時に用いるセンサとは別のセンサを用いて機械を制御することを提案する。内容としては人を検出できるセンサに着目し、機械作業時の危険度を示すリスクに応じた人と機械との距離の設定について検討している。特に深度センサを用いて人物の検出及びその深度の検出を行い、センサ検出範囲を基にしてリスクに応じた作業範囲について考察した。

2. 開発環境と深度検出プログラム

使用する機材は Microsoft 社が販売している Kinect for Windows v2(以降 Kinect と呼ぶ)(図 1)[3]を用いる。対応ソフトウェアとして Microsoft 社が公開している Kinect for Windows SDK2. 0(以後 SDK と呼ぶ)[4]を用いる。プログラム開発は Microsoft 社の Visual Studio 2013 を使用し、開発言語として Visual C# を利用した。また、深度センサを用いるためのプログラム開発を行った。

今回開発したプログラムは Kinect のセンサの 1 つである深度センサを起動し、人物や物体の検出、またその深度を測定するプログラムである。図 2 のように同一画面上に深度センサについての二つのプログラムを起動させ、左の画面では人物の検出及びその深度を測定することができ、人物が検出された場合、人物を認識したとして！マークが表示されるようになっている。人物を囲んでいる枠線については条件で身長 170 cm、距離 320 cm となっているが、条件外でも人がきちんと枠内に入ればほぼ同じような数値が取れるようになっている。枠線の大きさについては基点から 3 つあり、赤色の枠線は腕の長さの平均である 64 cm、黄色の枠線は一步進んだ距離と腕を伸ばした距離の合計の平均である 112 cm、黄緑の枠線は合計の限界の平均である 150 cm の長さである。この長さは身長 170 cm が入る枠線からのサイズを比較して、その比で横幅を作成した。また、上部にあるスライダーによって枠線の大きさを元の大きさである 1 から 0 にまで変更することができ、1 回クリックすると 0.1 ずつ大きさを変更することが出来る。次に右の画面では深度センサによって人

物や物体の大まかな検出及び深度を測定することができ、人物に近い物体の検出を行う。枠線は左の画面と同様であり、枠線の角 4 点の深度が測定できるようになっている。

3. 実験方法

本研究ではセンサで機械を制御するために作業範囲を理解する必要があり、センサで検知する作業範囲とそのリスクの階層設定をどのように定めたらよいかを実験的に検討することとした。被験者の条件を日本人の成人男性の平均とした身長約 170 cm、歩幅 64 cm、腕の長さ 76 cm、Kinect からの距離 320 cm とした。最初にいた地点を基点として、基点から横に一步進んだ距離と腕を伸ばした距離を測定する。その測定を複数回行い、距離の平均 μ とデータのばらつきを示す標準偏差 σ を算出し、ボックス・ミュラー法[5]によって発生させた乱数によって実験データの個数を増やし、発生頻度や頻度確率からリスクに応じた作業範囲について考察する。

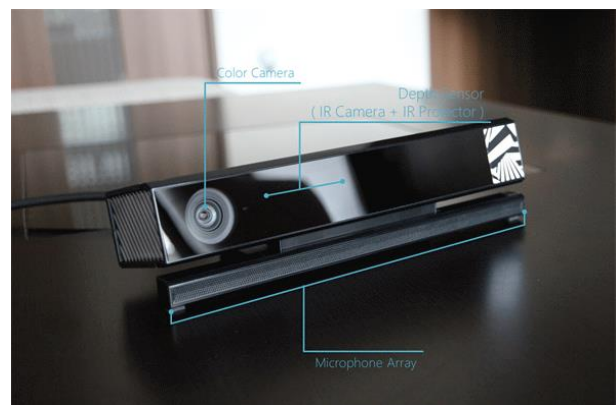


図 1 Kinect v2[2]

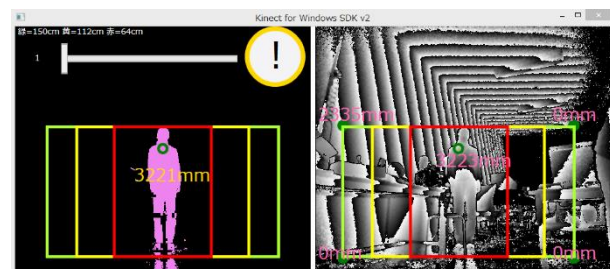


図 2 深度センサのプログラム

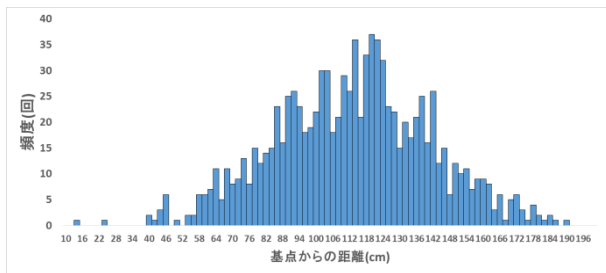


図3 発生頻度図

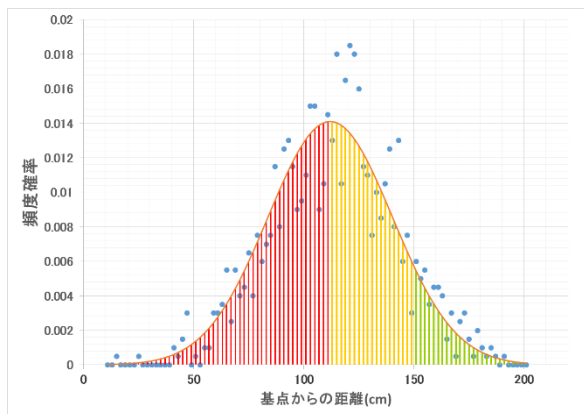


図4 正規分布に従う発生頻度確率

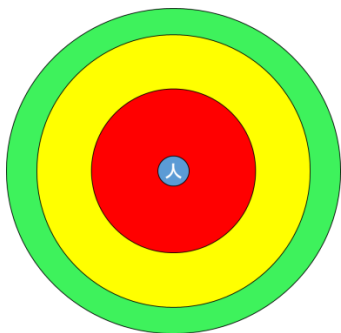


図5 平均的な作業範囲の考察

5. 実験結果と考察

図3に実験結果の発生頻度を示す。図3は実験結果から正規乱数を発生させたものである。今回の実験結果では基点から一歩進んだ距離と腕と伸ばした距離の合計64 cm~150 cm以内が大方行う作業範囲であるとして、平均 $\mu=112$ cm、標準偏差 $\sigma=28.28$ cmとしてボックス・ミュラー法で正規乱数を発生させ、データの個数を1000個に増やした。図3では平均である112 cm付近より118 cm付近のほうが発生頻度が多くっており、これは今回の実験で得た標準偏差 $\sigma=28.28$ cmが大きい数字となっているため、正規乱数にばらつきが出来てしまったためと考えられる。また、正規乱数はデータが平均から左右対称に釣鐘型に分布する正規分布という分布図に従って発生しており基点からの距離がどの地点に対してどのくらいの確率で発生するかまとめ、その頻度確率

から安全な作業範囲を考察した。図4に今回行った実験の発生頻度確率を示した。平均である112 cm以下の確率が50%、112 cm~150 cm以内の確率が41%、150 cm以上の確率が9%となった。なお、平均的な作業範囲である64 cm~150 cm以内に対して0 cm~64 cm以内は低い頻度確率であるため64 cm~112 cmとせずに0 cm~112 cmの範囲で考察した。図5は今回の実験からの作業範囲を考察した図である。今回の確率から考察すると平均的に行う作業範囲は0 cm~150 cm以内であり、この作業範囲で安全に作業を行う場合機械に対してどのような制御をかければいいのかを考察した。頻度確率が9%である150 cm付近はあまり作業を行わない範囲であることから人物までの距離があるため機械に対して緩やかな制御、112 cm~150 cm以内に接近した場合は平均より低い確率であり、比較的距離がないためゆっくり止まるよう制御、112 cm以内に接近した場合は平均的に作業する範囲であり、距離がないため早く止まるよう制御をかけると作業範囲内の安全性の向上が図れるのではないかと考えた。

6. まとめ

本研究ではリスクに応じた作業範囲について検討するために、プログラムの開発及び作業範囲の実験を行った結果、基点から一歩進んだ距離と腕を伸ばした距離の合計の平均が112 cmとなり、64 cm~150 cm以内が平均的な作業範囲であることがわかった。

また、Visual C#によって開発した深度検出プログラムでは、Kinectを用いて左の画面で人物の検出、その深度の測定および枠線による横幅の検出と、右の画面で人物と物体の深度の測定および枠線の角4点の深度の測定を行えるようになった。

今後の展望として実験条件の変更や、人物がいる深度付近の物体の認識、認識した人物に枠線が追従するようにする、枠線の大きさを人物の大きさに変更できるようにする。

参考文献

- [1] 厚生労働省 東京労働局, "統計情報の目次", http://tokyo-roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/jirei_toukei/saigaitoukei_jirei/toukei.html (参照日 2016年1月8日)
- [2] 一般社団法人 日本鍛冶機械工業会, "保守保全を安全に実施するには", <http://www.j-fma.or.jp/6anz/data/anzen-sagyou.pdf> (参照日 2016年1月8日)
- [3] Build Insider, "Kinect v1 と Kinect v2 の徹底比較", <http://www.buildinsider.net/small/kinectv2cpp/01> (参照日 2016年1月8日)
- [4] Microsoft, "Kinect for Windows", <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/> (参照日 2016年1月8日)
- [5] 青沼君明, 村内佳子, Excel&VBAで学ぶVaR, 金融財政事情研究会, (2015)