「ボールを捕る」

○池浦良淳（東北大学情報科学研究科）

Catching a Ball by Human Arm

Ryojun Ikeura (Dept. of System Information Science, Tohoku Univ.)

1 はじめに

人間の手腕系には様々な優れた制御能力があるが、物体を受け取る時のような衝撃力の吸収能力にも優れている。これは、単に衝撃から自分の身を守るだけでなく物体を壊さないような制御もしている。

人間の手腕系の特性に関する研究はこれまでに多く行なわれている。特に、平野ら¹⁾落下物を腕で受けとめたときの体全体の緩衝特性を落下タイミングの提示の有無により調べている。解析は腰の加速度により行っている。

本報告では手腕系による落下物の受け取り動作を衝撃力から解析することを試みる²⁾。まず、掌(てのひら)、手首関節、肘関節に加わる衝撃力を力センサにより測定し、力波形から求められる力積、ピーク値や衝突時間からその衝撃吸収特性を解析する。

2 解析方法

受け取り動作における物体の衝撃の大きさを力積で評価する。力積は、衝突時に働く物体間の力の積分値として得られる。力積が小さいほど跳ね返りも小さく、衝突時の衝撃の吸収の程度が大きい。また、力積が等しくても力の波形が異なることが予想される。つまり、瞬間的に大きな力が加わる場合と、小さな力がある程度長い時間加わる場合でも、力積が同じであればこれらを区別できない。そこで衝突力が図1の様なピークを示す波形である時、その概形を力の最大値 $f^{\max}$ と力の作用している時間 δt で表すことを考える。そして、受け取り時の衝突力を測定

図1 衝突力波形

図2 実験装置のシステム

し、力積と力の最大値を求めて衝撃の吸収能力を調べる。

3 実験装置

測定装置の構成を図2に示す。力測定装置はストレインゲージを貼りつけた2枚のアルミ板とそれを結合するアルミ柱より構成されている。上面の板部に力が作用すると、その曲げひずみをストレインゲージの抵抗変化として検出する。これはアンプで電気信号として増幅された後、A/Dコンバータによって0.0002(sec)毎にパーソナルコンピュータに取り込まれる。また落下物としては0.03, 0.06, 0.09, 0.14, 0.19 (kg)の粘土を用い、いずれも0.55(m)の高さから落下させる。

4 実験方法および結果

4.1 手のひらの皮膚と皮下組織による衝撃の吸収

落下物が手に衝突したときの衝撃は、まず手のひらの柔らかさにより吸収される。ここでは、手のひらの衝撃吸収力を調べるため、次の2種類の条件で実験を行なう。

実験A：剛体上に力測定器を固定し、この上に落下物を落下させる。(図3(a))

実験B：剛体上に手のひらを固定し力測定器をのせ、この上に落下物を落下させる。(図3(b))

図4は実験Aより得られた力積 I_A 、最大力 $f_A^{\max}$ 及び作用時間 δt_A と実験Bの力積 I_B 、最大力 $f_B^{\max}$ 及び作用時間 δt_B の比、 I_A/I_B 及び $\delta t_B/\delta t_A$ を百分率で示

(a) 実験A

(b) 実験B

図3 台、掌の衝撃力吸収実験

図4 掌の衝撃力吸収特性

図5 腕の衝撃力吸収実験

したものであり、値が小さいほど衝撃をよく吸収していることを示す。なお、各値は5回の平均をとっている。図から、実験Aに対して実験Bの力の作用時間があまり減少していないにも関わらず力積は減少し、これは力の最大値が減少したことによるということが読みとれる。

4.2 関節の衝撃吸収特性

次に、手首、肘などの関節による衝撃吸収特性を調べるため、以下のような2種類の実験を行う。

実験C：前腕を固定した状態で手の上に落下物を衝突させる。(図5(a))

実験D：前腕、手首関節ともに拘束しない状態で手の上に落下物を衝突させる。(図5(b))

これらの実験では被験者は椅子に腰掛けた状態で肘関節をほぼ直角になるように曲げ、掌の鉛直上方から落下する物体を受け取る。この姿勢を受け取り姿勢とし、以後いずれの実験条件でもこの姿勢で落下物の受け取りを行なう。なお、被験者には目隠しをし、落下物が衝突する前の意図的な予備動作を行わせないようにした。各実験において、5種類の重さの落下物に対し5回の実験を繰り返し行なう。

図6は実験Bより得られた力積 I_B 、最大力 $f_B^{\max}$ 及び作用時間 δt_B と実験C及びDのそれらの比を百分率で示したものである。図(a)が手首のみの特性で、図(b)が手首と肘の両方を含む特性である。これらを見ると掌からさらに関節でも衝撃が吸収されており、落下物が重くなるほど衝撃吸収の程度は大きく

(a) 手首

(b) 腕全体

図6 腕の衝撃力吸収特性

なっている。つまり、衝撃が大きいほど掌に比べて関節の衝撃吸収の割合が大きくなっていると言える。また、図(a)と図(b)のグラフがほとんど同じであるということから、肘の影響はない、すなわち、衝撃吸収特性は手首のみで決まるといえる。さらに、図4と比較して掌の吸収特性と大きく違うのは、力の最大値より衝突時間が減少することにより力積が減少しているということである。

5 おわりに

本報告では人間の手腕系の動作の中で、外部環境との衝突を含む動作の一例として落下物体の受け取り動作を取り上げ、その衝撃吸収特性について考察した。まず、衝撃吸収力を表す力積の大きさを力の最大値と作用時間で評価することを提案し、掌と手首、肘の関節における各部の衝撃吸収力を調べた。その結果、衝撃がある程度の大きさまでならば、掌で衝撃が吸収されるが、衝撃が大きいとその吸収は関節によってなされる割合が高くなることがわかった。

参考文献

- 1) 平野聡ほか：人間の衝動行動に関する研究(落下物の受け取り動作)，日本人間工学会第23回関東支部大会講演集，122～123，1993。
- 2) 池浦良淳ほか：手腕系の衝撃吸収特性，日本機械学会論文集C編，60，580，4123～4129，1994。