

猫ひねり動作の解明と ロボットによる猫ひねりの実現

山藤和男* 小林剛** 河村隆**

Elucidation of Twisting Motion of a Falling Cat
and its Realization by a Robot

Kazuo YAMAFUJI Tsuyoshi KOBAYASHI Takashi KAWAMURA

Postural control of a falling cat was investigated analytically and experimentally. The authors intended to develop such a robot as a cat that could restore her attitude at free fall by twisting and controlling the body. There are still contradictory and ambiguous explanations among the text books of physics or dynamics which deal twisting motion of a cat. Firstly, the principle of the twisting motion of a robot cat was analysed using a jointed double column model. And it was made clear analytically that a cat could restore her attitude by bending and twisting the body in the air. Then, the authors developed the robot cat which had vertebrate-type backbones and twisting mechanisms. It was confirmed experimentally that the robot cat could control its attitude by 180 degrees' rotation within 0.6 second when it was released upside-down at about 1.8m height in the air.

Key Words : 3-Dimensional Mobile Robot, Postural Control at Free Fall, Twisting Motion of Cat, Vertebrate-type Backbones, Rubber Muscle

1. 序 論

動物の猫の4本の足をつかんで、背中を下に向けて手を離すと、ほとんどの猫は落下中に体をひねって足を下にして着地することができる。この現象を「猫ひねり」という。人間が手を離す瞬間には猫の体に関する角運動量はゼロであることは明らかであるにもかかわらず、猫はなぜ体をひねって足を下にして着地することができるのか、その解釈をめぐってさまざまな議論がなされてきた^{1)~6)}。

猫ひねり動作は一見、角運動量保存の法則に反する現象であるかのように見えるが、動物の猫であれば幼い猫や太った猫などを除いてはほとんど本能的に行うことができることは大変興味深い。

本研究では空間を自由に移動できるロボットに関する

原稿受付 1991年10月3日

* 電気通信大学 ** 電気通信大学大学院

研究の第一歩として、空中に放り出されたロボットの姿勢制御^{7)~9)}に動物の猫の猫ひねり運動を応用することを目的として、猫ひねり動作の解明を行った。さらに、ロボット猫を開発して猫ひねり動作実験を行い、自由落下中にロボットの体を180°回転することに成功した。

2. 猫ひねり動作の解釈と写真観察

2.1 猫ひねり動作に関する既往の説明

猫は人間に足をつかまれて、体を逆さにして高所から落とされたとき、本能的に体をひねって足を下にして着地することができる。この動作は猫ひねりまたは猫の宙返りと呼ばれている。これは猫科の動物にだけ可能なものかどうかは議論のあるところであるが、われわれの身近かなところで目にする限り、猫はほかの動物と比べて非常に巧みに猫ひねり動作を行っているようである。

これは初期角運動量が零と考えられるところで行われるので、角運動量保存則に反する現象であるかのように

見える。これまでこの現象について、多くの物理的説明や解釈が行われてきたが実験的な裏付けのある合理的な説明はなかった。

従来、猫の宙返り動作についてなされてきた説明を整理すると、次の3つに分類することができる。

(1) 手を離す瞬間に猫はつかまえている人間の手を蹴って、その反動により体を回転させる。

(2) 猫は落下中に尻尾を振って、その反作用により体を回す。

(3) 最初に、前半身の慣性モーメントを小さくするため、猫は前足を折ってそれを体に密着させ、後足を体に対して直角にまっすぐに伸ばすことにより、後半身の慣性モーメントは前半身のそれよりも大きくなる。次に、後半身を回転させて体をひねる。後半身が右へ回転する場合、角運動量保存則により前半身は左回転をしなければならないが、両者の慣性モーメントの違いから、前半身の回転角は後半身に比べて大きくなる。猫は前足を伸ばして後足を引き付けることにより、前半身の慣性モーメントを後半身のそれよりも大きくする。

こんどは前半身を回転させて、後半身の回転角を大きくする。猫はこの動作を連続的に繰返すことにより猫ひねりが生ずる。

上記の説明は、それぞれ次の反論によって実際とは異なっていることを示すことができる。

(1) この場合、猫は最初に角運動量を得るわけであるから猫は自由落下中に体をひねることができるのは当然である。この説明によると初期角運動量を与えないように注意深く手を離れたときには猫は猫ひねりを行うことができないが、この場合でも猫は後述するように猫ひねりを実際に行っている。

(2) 尻尾のない猫でも尻尾の曲がった猫でも猫ひねりを行うことはできるし、実際に尻尾を回すことによって得られるトルクはその反トルクで猫の体を回せるほどには大きくはない。

(3) 落下中の猫の動作を観察した結果によれば、猫の前後半身は同時に同方向に回転しており、猫は体をねじることなく回転している。それゆえこの解釈も受け入れることはできない。

2.2 自由落下中の猫の写真観察

前節で述べた既往の説明または理論によっては猫ひねり動作を十分に説明することはできないので、実際の猫の自由落下時の動作を写真撮影して観察を行った。Fig. 1 (a)~(f) はビデオカメラで撮影した映像をスチール写真にとって示したものである。写真観察の結果、自由落下中の猫の動作を定性的に次のように述べるができる。

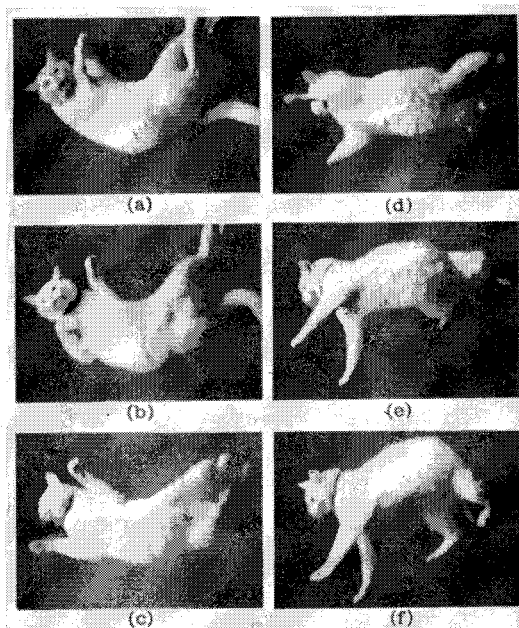


Fig. 1 Sequence pictures of a falling cat

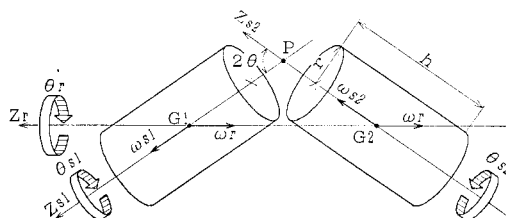


Fig. 2 Jointed double column model

(1) 手を離す瞬間には猫の体に関する角運動量はゼロである (Fig. 1 (a)).

(2) 手から離れた瞬間から、猫はその前後半身を同時に同方向に回転する (Fig. 1 (b)).

(3) 猫は体を回転している最中に体をねじることなく、背骨を軸にして体を回転する (Fig. 1 (b)~(f)).

(4) 人が猫の4肢を手を持っているときから猫の背骨は適当な角度で曲がっており (Fig. 1 (a)), 落下中に猫は背骨を曲げたまま、前後半身を同時に同方向へ回転している (Fig. 1 (b)~(f)).

写真観察によって得られた以上の結果は猫ひねりに関する基本的な動作である。

3. 猫ひねり動作の解析

3.1 2円柱モデルによる解析

猫ひねり動作の写真観察結果にもとづいて、猫の体を前後半身に分けて、それぞれを1つの円柱によってモデ

ル化する。さらに、両円柱の中心を通る慣性主軸 Z_{s1} と Z_{s2} は Fig. 2 に示すように、円柱外の一点 P において両軸は 2θ をなす角度で交わり、両円柱は点 P で軸が交わったままで、それぞれの軸のまわりに回転できるものとする。

このモデルが初期角運動量をもたず、モデルにはいかなる外力もトルクも作用しないとすると、各円柱に関する各運動量は保存される。各円柱の角運動量は2つの方向の成分に分解することができる。その一つは慣性主軸方向の成分であり、もう一つは両円柱の重心 G_1 と G_2 を通る方向の成分である。

その結果、角運動量の保存則は次式で表される。

$$2 I_r \cdot \omega_r + 2 I_s \omega_s \cdot \cos \theta = 0 \tag{1}$$

ここに、 I_r : Z_r 軸に関する円柱の慣性モーメント

I_{s1} : Z_{s1} 軸に関する円柱の慣性モーメント

I_{s2} : Z_{s2} 軸に関する円柱の慣性モーメント

ω_r : Z_r 軸回りの角速度

ω_{s1} : Z_{s1} 軸回りの角速度

ω_{s2} : Z_{s2} 軸回りの角速度

ただし、 $I_{s1} = I_{s2} = I_s$, $\omega_{s1} = \omega_{s2} = \omega_s$ とする。

式(1)によれば、 Z_s 軸まわりに角速度 ω_s をもつ運動が存在すれば、外から力やトルクが働かなくても Z_r 軸の回りにも逆方向の円柱の運動が生ずることを示している。

そうして、 Z_r 軸まわりに点 P の回転を引き起こす両円柱の Z_r 軸まわりの回転がモデルの回転運動、すなわち猫ひねりを生ずることになる。

Z_r 軸まわりの点 P の回転は尻振り運動と呼ばれる。

Z_r , Z_s 軸回りの角速度 ω_r , ω_s にもとづく回転より生ずるモデルの方向変化、すなわちモデルが Δt 時間に回転する角度 $\Delta\theta_c$ は次式で与えられる。

$$\Delta\theta_c = (\omega_s + \omega_r) \Delta t \tag{2}$$

これに式(1)の関係を適用して、

$$\Delta\theta_c = \left(1 - \frac{I_s}{I_r} \cos \theta\right) \omega_s \Delta t \tag{3}$$

ここで、円柱の角速度 ω_s による Δt 時間内の円柱の回転角を $\Delta\theta_s = \omega_s \Delta t$ とおくと、

$$\Delta\theta_c = \left(1 - \frac{I_s}{I_r} \cos \theta\right) \Delta\theta_s \tag{4}$$

特に円柱が半径 r , 高さ h の直円柱の場合には、式(5), (6)より猫ひねり角は式(7)で表される。各円柱の質量を m とすれば、

$$I_s = m \frac{r^2}{2} \tag{5}$$

$$I_r = m \frac{1}{12} \{3r^2(1 + \cos^2 \theta) + h^2 \sin^2 \theta\} \tag{6}$$

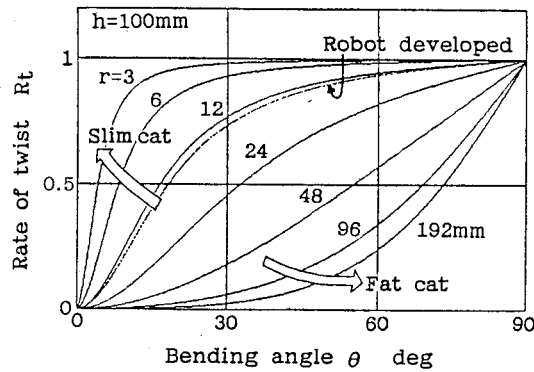


Fig. 3 Relation between R_t and θ

$$\Delta\theta_c = \left\{1 - \frac{\cos \theta}{1 + \left(\frac{h^2}{6r^2} - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta}\right\} \Delta\theta_s \tag{7}$$

猫ひねり率を $R_t = \Delta\theta_c / \Delta\theta_s$ と定義すれば、

$$R_t = 1 - \frac{\cos \theta}{1 + \left(\frac{h^2}{6r^2} - \frac{1}{2}\right) \sin^2 \theta} \tag{8}$$

Fig. 3 は $h = 100$ mm として r を 3 mm から 192 mm まで変化させたときの式(8)の関係を図示したものである。図において、縦軸の猫ひねり率 $R_t = 1$ は $\Delta\theta_s = 360^\circ$ のとき、 360° の猫の体の回転(これを猫ひねり率1回とする)を、 $R_t = 0.5$ は 180° の回転を意味している。横軸は猫の背骨の曲げ角 θ (2円柱の主軸の交角の1/2)を示す。

3.2 猫ひねり動作の考察

前節において行った2円柱モデルによる解析から、2円柱でモデル化された猫は初期角運動量を与えられなくても自由落下中に自分で体をひねって姿勢を修正できることがわかった。

一方、動物の猫は Fig. 1 の連続写真に見られるように円柱モデルと同じく背骨を曲げて、前後半身を同じ方向にひねっている。その結果、角運動量保存をあらわす式(1)の関係が猫の場合にも正しく適用できるものと思われる。式(1)は円柱がその主軸の回りに回転すれば、その結果として両円柱の重心を通る軸 Z_r の回りに円柱の主軸方向のその角運動量の成分が式(1)の左辺にもあらわれることを意味している。そうして猫の前後半身の背骨の曲げ角とひねり角によって規定される大きさの回転が両半身の重心を通る軸の回りに生ずるのである。

以上の考察より、猫ひねり動作は単なる角運動量の変化だけを利用しているのではなく、そのベクトルの方向の変化をも利用している。すなわち、前後半身の主軸方向の単純な回転を行うことにより、他の方向の大きな回

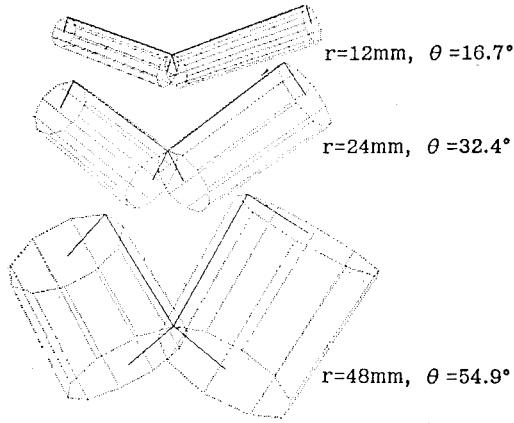


Fig. 4 Computational examples of bending angle for three cases

転が生ずることを利用していることが明らかである。

3.3 太った猫と痩せた猫における猫ひねり

式(8)の関係をを用いて、円柱のパラメータのうち円柱の高さを $h=100\text{ mm}$ として、半径 r を3通りに変化させて計算した結果を Fig. 4 に示す。太い実線の部分が4肢の位置をあらわす。図より半径が 12, 24 および 48 mm のとき、背骨の折れ角がそれぞれ 16.7, 32.4 および 54.9° のときに猫ひねり率は 0.5 となって円柱は 180° だけ猫ひねり動作を行うことができる。このことは半径が 12 mm の円柱(痩せた猫に相当)に比べて、半径が4倍の 48 mm の円柱(太った猫に相当)では約 3.3 倍だけ軸の曲げ角を大きくしなければならないこと

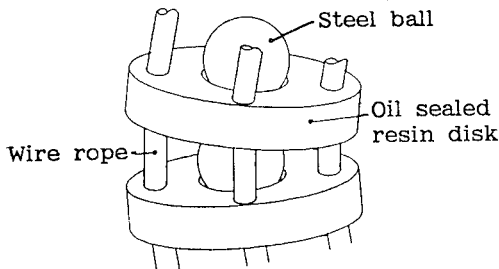


Fig. 6 Structure of backbones

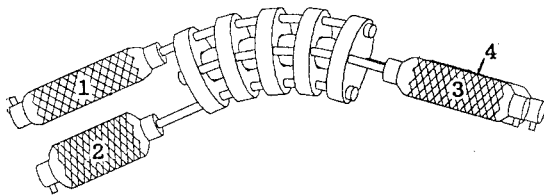


Fig. 7 Arrangement of actuators

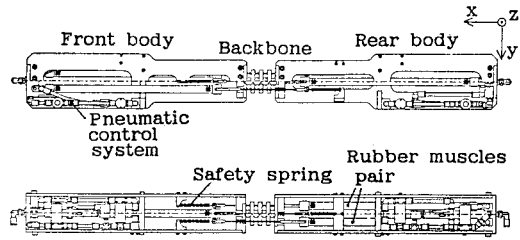


Fig. 5 Structure of a robot cat.

を意味している。

4. ロボット猫の開発と制御法

4.1 ロボット猫のメカニズム

猫ひねり動作を実際にロボットで実現するため、Fig. 5 に示すロボット猫を開発した。ロボットの本体は前部と後部からなり、両者を背骨型関節で結合している。これは猫の前後半身に相当する2つの角柱状胴体の一端をフレキシブルな背骨の両側に取り付けたものである。

Fig. 6 には本研究で開発した背骨型関節の機構を示す。この背骨型関節は脊椎動物の背骨に似せて作られており、髄核に相当する鋼球を椎体に相当する中央に小穴を開けた円板で挟んだものを4組連結している。なお、椎体には摩擦軽減のため、含油アセタール樹脂材を用い、さらに背骨の湾曲と鋼球の脱落防止のために椎間板としてセルスポンジを鋼球のまわりに挟んでいる。

前後の胴体内部には背骨型関節を曲げるための駆動用アクチュエータとして、それぞれ一对のゴム製人工筋と空気圧バルブが内蔵されている。人工筋は胴体の横断面对角線上に対をなして設定されており、人工筋に空気圧を加えることにより、径方向に膨らみ、軸方向には収縮力を発生させる。

Fig. 7 には人工筋と背骨を結合したものを示す。図において人工筋1と2および3と4の対は互いに円板上で90°回転した位置に設定されており、1と2、3と4はそれぞれ拮抗筋の作用を行う。人工筋はDCモータ等の電気アクチュエータと比べて軽量でかつ出力が大きく、本研究のロボットには適している。関節内にある4本のワイヤの両端にはそれぞれ人工筋とコイルばねがつなが

Table 1 System parameters

		Front body	Rear body
M	kg	2.2	2.2
I_x	kgm^2	3.9×10^{-3}	3.9×10^{-3}
I_y	kgm^2	4.1×10^{-2}	4.2×10^{-2}
I_z	kgm^2	4.3×10^{-2}	3.8×10^{-2}

れて、ばねは圧力を加えていないときには人工筋がたるまないように引張っている。

開発したロボット猫のシステムパラメータの測定値を **Table 1** に示す。これより計算したロボット実機の猫ひねり率と曲げ角の関係を **Fig. 3** の中に図示した。これによれば開発したロボットはスリムな猫に相当している。

4.2 制御システムと制御法

(1) 空気圧回路：人工筋に供給する空気圧を制御することによって、背骨の曲げ角と前後胴体の回転を制御することができる。人工筋駆動用の空気圧回路を **Fig. 8** に示すが、これは人工筋の動作速度を上げるため排気速度を大きくすることと回路全体をコンパクトに仕上げることを目標として設計された。そのため、給排気用の弁と人工筋の間にそれぞれ急速排気弁を設け、いずれも超小型のものを平面的に配置した。

(2) 制御システム：コントローラとして 16 ビットパソコンを用いた。実験においては各サンプリング時間（実験では 1 ms とした）ごとに圧力センサで検出された 4 個の人工筋内の圧力情報をパソコンに入力した。パソコンからの制御出力は 8 個の制御弁に対する 8 つの開閉信号の形で与え、背骨型関節を駆動した。

(3) 背骨型関節の駆動制御法：猫ひねり動作をロボットで実現する場合、関節内にあるワイヤの長さの変位 ΔL は時間の関数として次式で与えられる。

$$\Delta L = nd \cdot \sin \frac{\theta}{n} \cdot \sin(\omega t + \phi) + nh \left(\cos \frac{\theta}{n} - 1 \right) \quad (9)$$

ここに、 n ：関節の数（実機では 4）

d ：対角ワイヤ間の距離

θ ：背骨の曲げ角

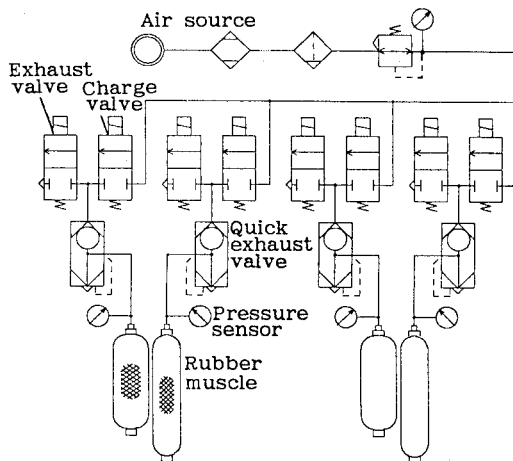


Fig. 8 Pneumatic control system

h ：曲げ角 $\theta=0$ のときの 1 関節間の距離

t ：時間

ω ：猫ひねり動作の角速度

$\phi = \frac{\pi k}{2}$ ：ワイヤ位置による位相 ($k=1, 2, 3, 4$)

ゴム人工筋は通常、プーリを介して拮抗筋として駆動されるが、式 (9) の第 2 項は θ = 一定のときには定数であり、第 1 項において位相が 180° ずれた位置にあるワイヤの変位指令値は符号が逆で絶対値が等しくなるため、対角位置にある 2 本のワイヤはプーリを介した場合と等価とみなすことができる。ワイヤ変位は両人工筋の圧力差に比例する¹⁰⁾ので、圧力指令値 P_r を式 (10) で与えることにより猫ひねり動作を実現することができる。

$$P_r = P_0 + P_a \cdot \sin(\omega t + \phi) \quad (10)$$

ここに、 P_0 ：基準バイアス圧力

P_a ：圧力振幅

なお、 ϕ は式 (9) のものと同じとする。

また、(1) 人工筋は対角位置にある 2 本を対にして駆動すること、(2) 主として両者の圧力差によって変位を制御すること、(3) 給気速度に比べて排気速度が大きいことを考慮して、拮抗している 2 本の人工筋のうち、膨張させたい方だけに式 (10) に基づく指令値を与えた。もう一方には式 (11) で両者の圧力差をフィードバックした指令値を与えることにより、両人工筋の圧力指令値の差と実際の圧力差が小さくなるようにした。

$$P_r' = P_b + \Delta P_r \quad (11)$$

ここに、 P_b ：膨張させる人工筋内の圧力

ΔP_r ：両人工筋の圧力指令値の差

人工筋内の圧力を式 (10)、(11) の指令値に追従させるために給気と排気側の両制御弁に与える指令は ON、OFF の 2 種類であり、これらの組み合わせにより **Table 2** に示した 4 種類の制御動作がえられる。制御則として同表に示すしきい値を設け、各サンプリング時間ごとの制御弁の動作を決めて人工筋を駆動・制御した。

5. 猫ひねりの実験

5.1 垂直懸垂実験

自由落下の実験を行う前に、固定された測定装置にロ

Table 2 Open-close patterns of control valve

Pr-P kPa	Charge	Exhaust
More than 9.8	Open	Close
From -2.0 to 9.8	Open	Open
From -9.8 to -2.0	Close	Close
Less than -9.8	Close	Open

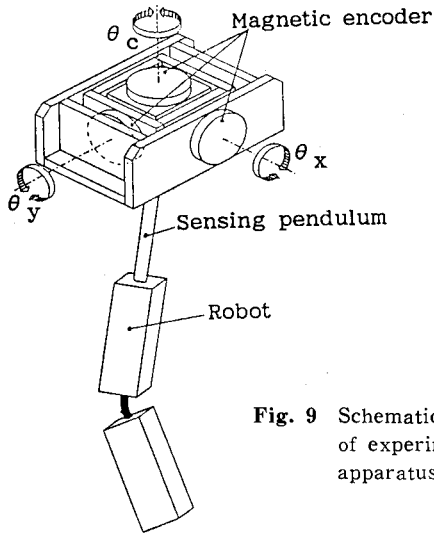


Fig. 9 Schematic diagram of experimental apparatus

ロボット猫を垂直に吊るして実験を行った。Fig. 9には測定装置に吊るされたロボット猫を示す。上部支点において直交する3軸にはそれぞれ磁気エンコーダ（分解能2048パルス/rev）が取り付けられており、振子の回転角と振動方向を検出することができる。

人工筋アクチュエータに対する基準バイアス圧を $P_0 = 0.25$ MPa, 圧力振幅を $P_a = 0.1$ MPa, 動作周波数を 2.0 Hz とした場合の実験結果を Fig. 10, 11 に示す。この図はロボットを見おろした形になっており、図中の実線と破線はそれぞれ、 0.05 s ごとのロボットの向きと背骨関節の折れ方向の変化を示している。Fig. 11 によれば、ロボットの姿勢の方向と背骨の曲げ角はお互いに逆方向に回転しており、ロボットの落下開始から 0.7

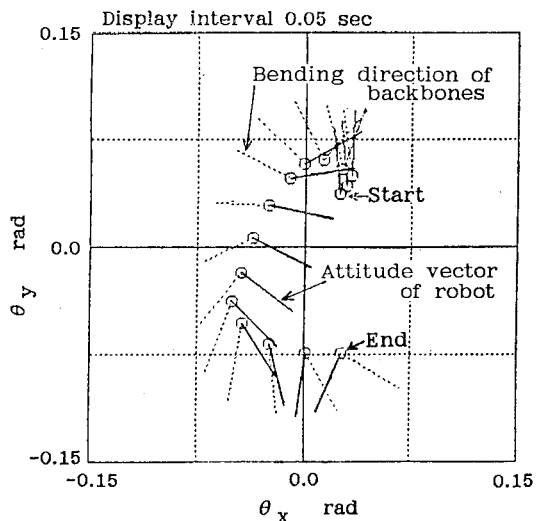


Fig. 11 Results of turning motion

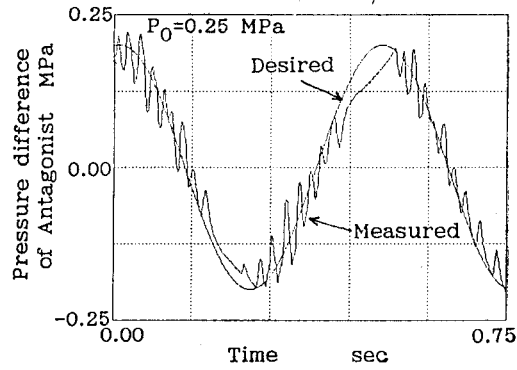


Fig. 10 Result of pressure control

s 後に約 1.4 回の猫ひねりを行っている。図では 1 回の猫ひねり (180° の方向転換) には約 0.6 s を要することがわかる。これより Fig. 10 と同じ実験条件でロボット猫を初速度ゼロで自由落下させる場合、落下時間約 0.6 s に対応する落下高さ、すなわち約 1.8 m 以上の高さがあればロボットは猫ひねり動作を実行できることが推測される。

5.2 自由落下実験

5.1 と同じ条件でロボット猫の自由落下実験を行った結果を Fig. 12 に示す。ロボットには回転の様子がわかるように軽量材で作った足と顔が取り付けられている。図ではロボット猫は自由落下中に猫ひねり動作を約 $3/4$ 回行った

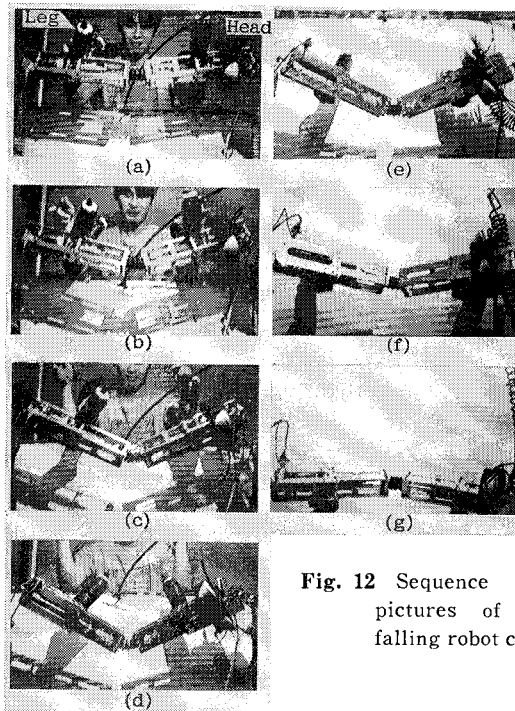


Fig. 12 Sequence pictures of a falling robot cat

ときに 180° の体の回転を終えている. 式 (7) にこの条件とロボットのシステムパラメータを入れてロボットの曲げ角を求めると, 約 25° となり, Fig. 12 から得られる結果とよく一致している.

また, ロボット猫の自由落下実験結果 (Fig. 12) と動物の猫の自由落下実験結果 (Fig. 1) とを比較すれば, ロボットと動物という違いがあるにもかかわらず, 落下開始時から猫ひねりを行って着地態勢にいたるまでの両者の動きはかなり一致している.

6. 結 言

動物の猫の「猫ひねり」動作メカニズムについて解析を行うとともに, 製作した猫型ロボットについて実験を行い, 次の結果を得た.

(1) 動物の猫の自由落下の様子を写真撮影し, 猫ひねり動作のメカニズムの概略を把握した. 猫ひねりの最も基本的なメカニズムは落下開始とともに猫は背中を曲げて, 前後半身を同じ方向に体の長手方向軸の回りに体をひねるということである.

(2) (1) の観察結果に基づいて, 2円柱モデルにより解析を行い, 「猫ひねり」動作を解明した. その結果, 両円柱主軸がお互いにある角度をもって円筒の外で交差しているとき, 両円柱が主軸の回りに同じ方向に回転すると, 角運動量保存の法則により, 両者の重心を通る軸のまわりに別の回転運動が生ずる. この体の回転が猫ひねり動作となる.

(3) 解析結果によれば, 猫ひねり率は背骨の曲げ角と円柱のアスペクト比 (半径/長さ) の関数となる. アスペクト比が大きければ同じ猫ひねり率を実現するためには背骨の曲げ角を大きくする必要がある.

(4) 脊椎動物の背骨に似せた背骨型関節をもつ猫型ロボットを開発した. 背骨の曲げ角は胴体に内蔵された一對のゴム製人工筋を動かして制御される. 実機について行った実験結果から, 背骨型関節とそれを駆動する人工筋アクチュエータは非常に有効であった.



山藤和男 (Kazuo YAMAFUJI)

1973年東大大学院工学研究科博士課程修了, 山梨大学工学部精密工学科講師. 1988年電気通信大学教授, 現在に至る. ロボット工学, 自動化工学などに関する研究開発と教育に従事. 工学博士.

(日本ロボット学会正会員)

(5) 猫型ロボットの垂直懸垂実験と自由落下実験の両方を行い, いずれの場合にも猫ひねり動作が実現することを確認した.

(6) 従来議論のあった猫ひねり動作について, 空中で猫が体をひねることによって, 角運動量保存則にもとづいて猫ひねり運動が起きることを解析と実験の双方から確かめた.

参 考 文 献

- 1) C. Frohlich, The Physics of Somersaulting and Twisting, Scientific American (1983), 242.
- 2) T. R. Kane and M. P. Scher, A Dynamical Explanation of the Falling Cat Phenomenon, International Journal of Solid and Structures (1969), 5.
- 3) 小佐文雄, 上村 守, 林 幸信, 慣性ひねりと非慣性ひねりとを重ねて行うときの角運動量の保存性について, 東京教育大学スポーツ研究所報, 11 (1973), 63.
- 4) 小佐文雄, 上村 守, 林 幸信, 空中における人体の回転について, バイオメカニズム 3 (1975), 63.
- 5) 足利裕人, 猫の宙返り, BASIC 数学 (1991), 84.
- 6) 塚平恒雄, 宇宙に夢が広がる-ネコひねり, 子供の科学, 53-3 (1990), 34.
- 7) 河村 隆, 山藤和男, 藤本浩志, 空中に放り出されたロボットねこの姿勢制御 (第1報, ロボットねこの構想とサーボ加速度計を用いた角度センサ), 第7回日本ロボット学会学術講演会予稿集 (1989), 107.
- 8) 河村 隆, 山藤和男, 藤本浩志, 空中に放り出されたロボットねこの姿勢制御, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 '90 講演論文集 (1990), 93.
- 9) 河村 隆, 山藤和男, 空中に放り出されたロボットねこの姿勢制御 (第2報), 第5回知能移動ロボットシンポジウム資料 (1990), 67.
- 10) 宇野元雄, ゴム人工筋とロボットへの応用, 油圧と空気圧, 17-3 (1986), 175.



小林 剛

(Tsuyoshi KOBAYASHI)

1991年電気通信大学機械工学科卒業, 同大学大学院博士前期課程入学, 現在, 同課程2年在学中.

(日本ロボット学会学生会員)



河村 隆

(Takashi KAWAMURA)

1987年電気通信大学機械工学科卒業, 1989年同大学大学院博士前期課程修了, 1992年同大学大学院博士後期課程を経て信州大学繊維学部機能機械学科助手. 知能ロボットの制御およびメカニズムの研究に従事.

(日本ロボット学会正会員)