

NHK「魔改造の夜」

魔改器械目録表

第一夜：魔砲恐竜カノンちゃん



— NHK「魔改造の夜」 —
**御好次第
何品ニテモ
製造仕候也**

ご要望に応じて、どんなものでもおつくりします。

THE FIRST NIGHT》》



THE FIRST NIGHT》》

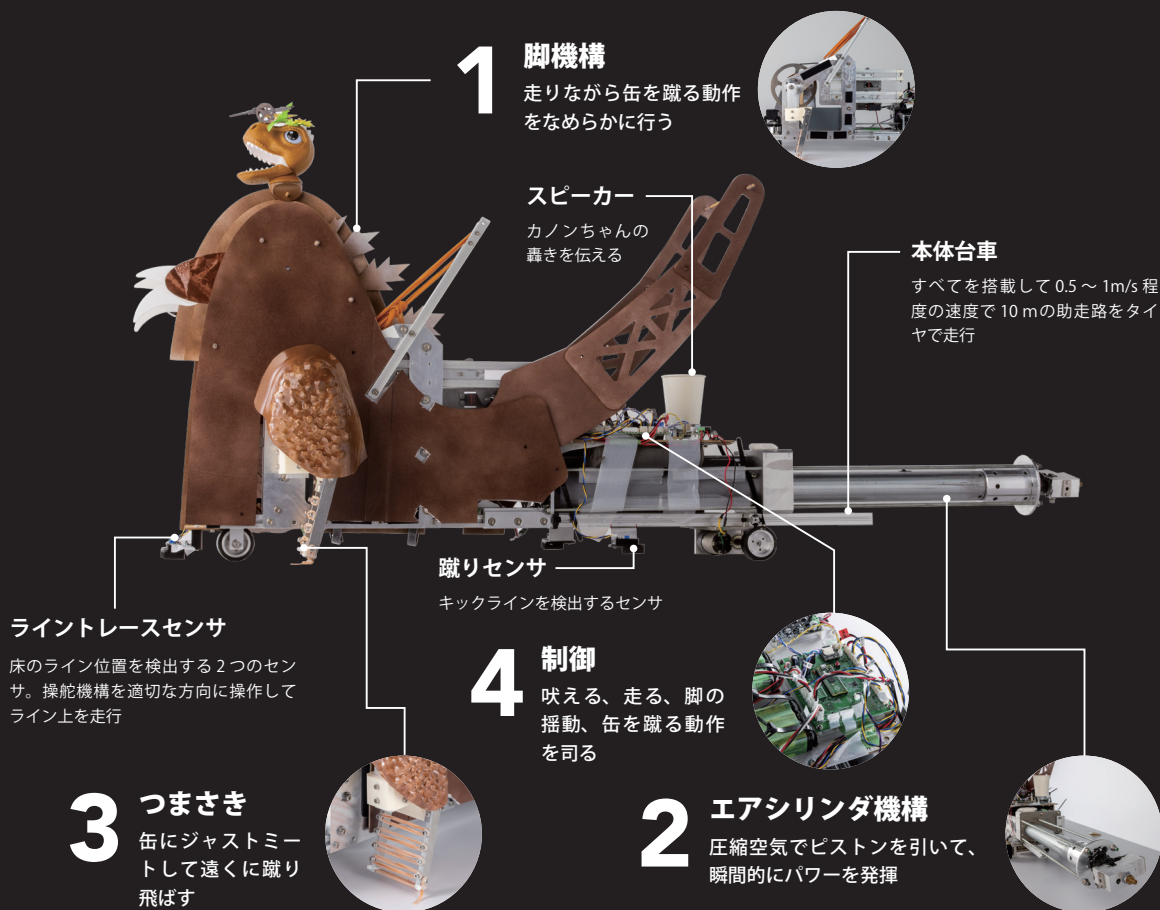
魔改器械 魔砲恐竜カノンちゃん

「御好次第何品ニテモ製造仕候也（ご要望に応じて、どんなものでもおつくりします）」。これは、1882年に発行された当社最古のカatalogに記された一文。創業以来150年受け継がれる“ものづくりDNA”のもと島津製作所チーム（番組ではS津製作所）は、一流のエンジニアたちがお題に対してアイデアとテクニックを競う、NHKの「魔改造の夜」に出演した。「恐竜ちゃん缶蹴り」では、子ども向けのおもちゃ「恐竜ちゃん」を魔改造し、「魔砲恐竜カノンちゃん」を生み出した。



魔法のような科学技術、恐竜の重厚感、キャノン砲を「カノン」と可愛く言い換えて命名。可愛らしい名前とは裏腹に、とんでもないパワーを秘めたモンスター。

CANON

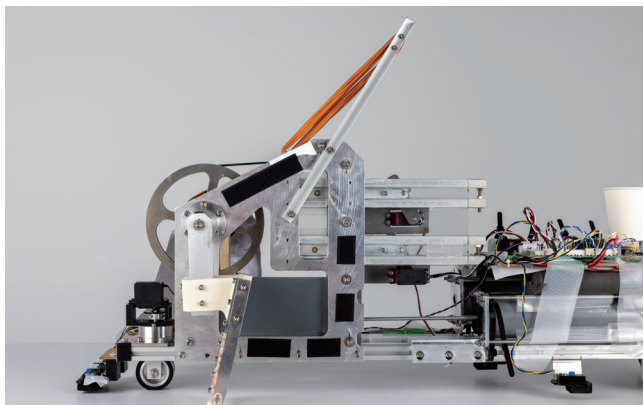


全長	205cm		全高	70cm		足先の最高速度	180km/h
全幅	40cm		重量	16kg		助走速度	3.6km/h

CANON'S MECHANISM

1 脚機構

見た目から想像できない、つよカワなガタイ



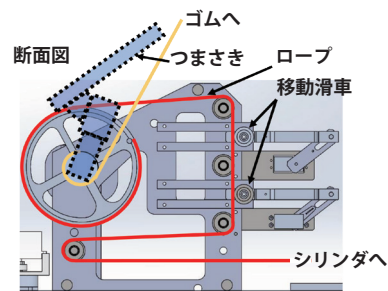
台車に搭載した脚機構は、1つの動力経路で「走る」「蹴る」の2つの動作ができる“2 in 1 構造”。走っているように見える振り子構造と、缶を蹴る脚を大きく振り上げる伝達構造を一体化させたシンプルな設計になっている。

高出力のシリンダのパワーを受けても“自滅しないタフさ”と“軽量化”のため、主要部品は3DCADを用いた強度解析により最適化している。脚の長さは、タフさと短足的な可愛さを追求して20cm。

↓ 3つのモードを切り替える

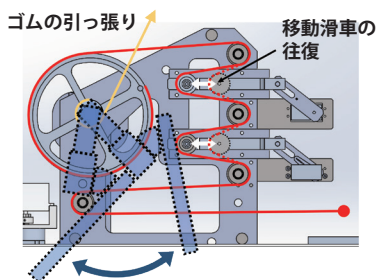
基本モード

基本状態は、ゴムの力で脚（つまさき）を後方いっぱいまで振り上げた状態。シリンダとつながっているロープには触れずに、移動滑車を後方いっぱいまで移動させている。



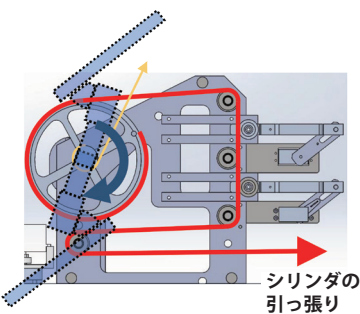
走るモード

基本モードから移動滑車を前方いっぱいまで移動させ、その後、後方に途中まで戻す（脚を前後に振る）を繰り返して脚に振り子運動をさせる。この時点でシリンダはまだ動作しておらず、ゴムの力が常にシリンダと繋がってロープに力を加えているため、移動滑車の動きでロープがたるまないように設計している。



缶を蹴るモード

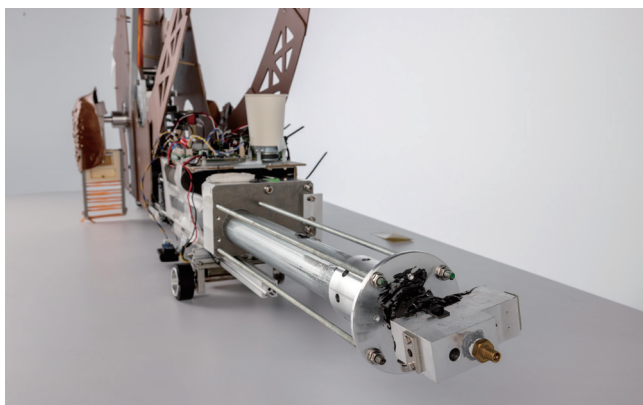
移動滑車を後方いっぱいまで移動させ、基本モードに戻る。この状態からシリンダを動作させて、一気に強い力でロープを引く。脚はロープから加速を受け続けて、速い速度で缶と衝突し、蹴り上げる。なお、移動滑車はこのときロープには触れていないため、シリンダからの力を受けず、移動滑車の往復に損傷を与えない。



CANON'S MECHANISM

2 エアシリンダ機構

大ストローク & 超高速から繰り出す、恐るべきパワー



工事現場の足場パイプ（φ 48.6mm）を、自社の航空機器製造技術で精密加工した滑らかに動くエアシリンダは、1 段目の排気ユニット部と 2 段目のシリンダ部から構成される。空気室の圧縮空気をバルブでシリンダに送り込むのではなく、空

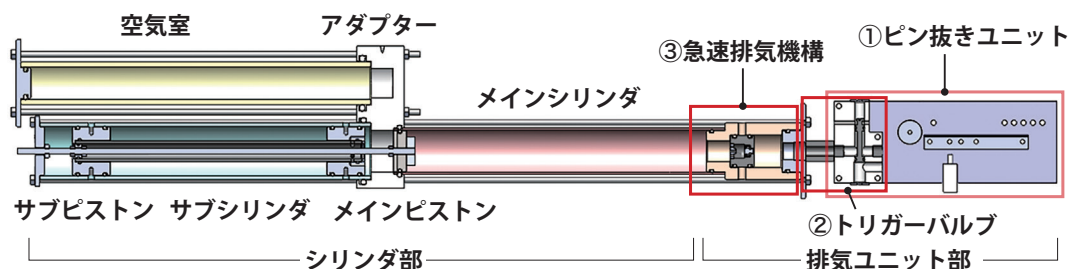
気室・バルブ・シリンダを一体化した低コストかつコンパクト設計になっている。

激しいパワーを発揮して爆音を放ち、振り上げた脚で思い切り缶を蹴るために繰り出す最大出力は、脅威の 1500 N。

↓ モンスターシリンダを支えた急速排気機構

10 気圧の高圧空気を約 6000L/min の大流量で排気する、「急速排気機構」を排気ユニット部に搭載。急速排気機構は、トリガーピンが引き抜かれると急速排気ピストンの左右の圧力差によりピストンが瞬間的に右側に移動し、ピストン

が塞いでいた排気口が一気に開くことで、左側の部屋＝シリンダ部のメインピストン右側の部屋の圧力が急速に解放されるしくみになっている。



↓ 「排気ユニット部」 徹底解説

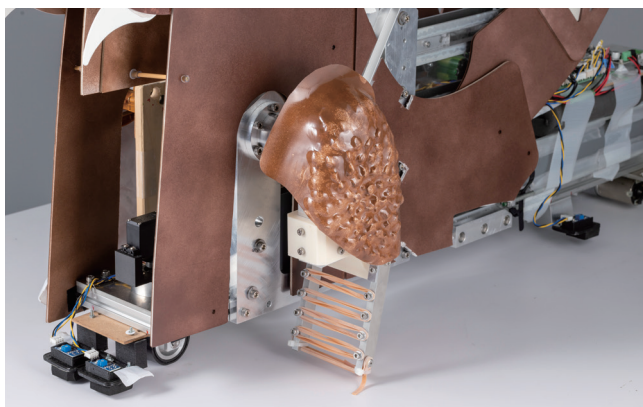
①のピン抜きユニットは、②のトリガーバルブの作動を止めているピンとばねで構成。ばねを釣り糸で引いた状態で止めておき、電気入力でカッターの刃を取り付けたシャフトが飛び出すソレノイドを取り付けている。ソレノイドに電気を入力するとカッターの刃で釣り糸が切断され、ばね

を動かしピンを抜き取る。トリガーバルブは、バルブ片側にばねが入っており、ぎゅっと押し込まれてピンを引っかけて止めて充填している。ピンが抜き取られるとバルブが動き、③の急速排気機構につながるポートと排気ポートがつながり、急速排気機構内部の圧力は一気に大気圧まで低下する。

CANON'S MECHANISM

3 つまさき

確実に缶を遠くに蹴るための究極の形状

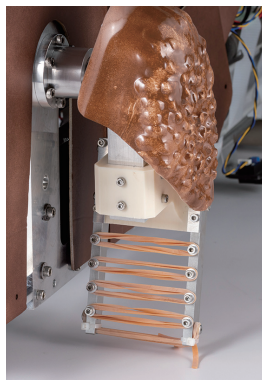


「脚の長さ 20cm」という制約内でのつまさき構造の設計。足の速度を上げるための軽量化を追求しながらも、ゴムの張力、加速度 1000G 程度で壊れない強度が必要とされた。飛距離の出る条件は速度によって変わる。脚機構とシリンダの改良の

たびに速度が上がり、短時間でつまさきを設計し直しては試作、実験を繰り返した。すべては缶を遠くに飛ばす、最強のつまさきのため。あくなき探求心で開発終了 1 時間前まで追加工し、つまさき位置の調整を続け、傑作が誕生した。

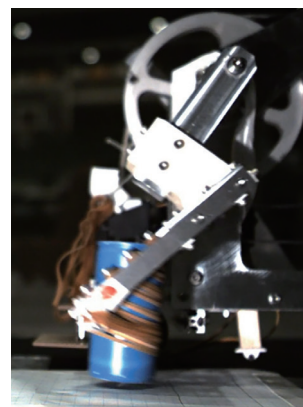
↓ 3D プリント & 輪ゴムのつまさき

つまさきの形状は、フレームにネットを張ったネット足、軽量のソリッド足を経て、最終的にゴム足にたどり着いた。軽量化のために 3D プリンタで製作し、内部を金属でねじ止めて補強することで、1000G の衝撃に耐えられるよう設計している。輪ゴムの本数や張力も改良を重ね、最終的には 4 本の輪ゴムを 3 重巻きで装着。



↓ 缶の蹴り位置（タイミング）の見極め

缶の飛距離の再現性を得るために、いち早く缶蹴り治具「重力式蹴り装置」を製作して実験。実験の様子を高速度ビデオカメラで撮影して、動画をもとに蹴り足の速度・缶が飛んでいく速度と角度を計算した。写真は静止した缶をゴム足で蹴っている状態。30g の缶が 12kg 以上になるため、缶の直径以上にゴムがたわみ、缶にゴムが当たったわずか 0.009 秒後に吹き飛んでいく。つまさきの試作と実験を繰り返すことによって、モンスターにふさわしい最強の缶蹴りタイミングを追求し、見事にジャストミートを果たした。



ゴム足の速度 28.6m/s (103km/h)

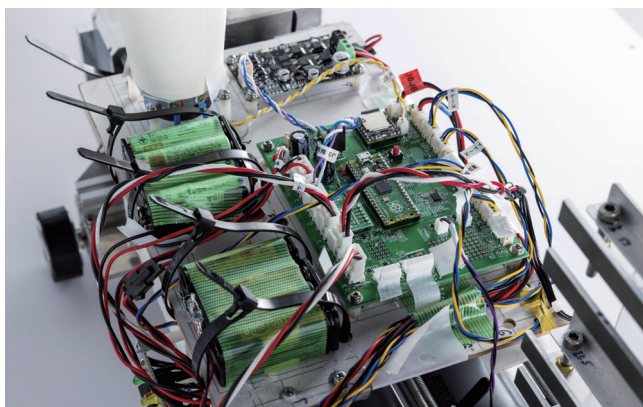
缶の加速度 402G

缶の速度 35.5m/s (128km/h)

CANON'S MECHANISM

4 制御

すべての動きに関わる、モンスターの心臓部

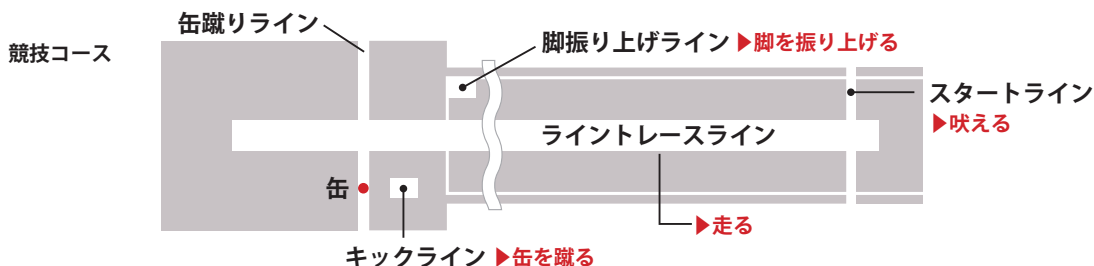


制御基板とそこに載せるソフトウェアを用意し、センサやアクチュエータを連携させることで、吠える、走る、脚を振り上げる、缶を蹴るの一連の動きを制御。全体設計後にセンサやモーターが増えることを考慮して、余裕を持った入出力ポ-

ート数とユニバーサル基板エリアを設けていた。

本番に起こりがちなセンサの誤作動を防ぐため、不要な光の差し込みや反射を抑えるなどの対策を完璧に実施。誤作動の原因を徹底的に潰すことによって、カノンちゃんを確実に動作させた。

↓ カノンちゃんが缶を蹴るまで



吠える

スイッチ 1 を押した瞬間、メンバーの声をベースに作成した声でカノンちゃんが吠える。大きな音を出すため、スピーカーユニットに紙コップを貼り付けて反響させている。

脚を振り上げる

床に貼った「脚振り上げライン」を検出する蹴りセンサ（フォトリフレクタ）を台車に搭載。ラインを検出すると、自然な流れで左脚を大きく振り上げ、キック前の姿勢をとると同時に、前進モーターの電圧を下げて減速させる。

走る

スイッチ 2 を押すと左右の足を動かし、2つのライトレースセンサ（フォトリフレクタ）で、床のラインを検出。操舵機構を適切な方向に操作して、ラインの上を走行する。脚を振って走っているように見せるため、蹴り脚の左脚はサーボモーター、右脚は恐竜ちゃんから取り出した DC モーターにより、それぞれの脚を揺動させている。方向修正は操舵機構のみ。

缶を蹴る

カノンちゃんが缶に到達した瞬間に蹴るため、「キックライン」をセンサが検出した瞬間にシリンダ内の排気ユニット部にあるソレノイドに電気が入力され、エアシリンダが駆動し、缶を蹴る。

NHK「魔改造の夜」

魔改器械目録表

第二夜：バサバサカサフライさん



NHK「魔改造の夜」

御好次第
何品ニテモ
製造仕候也

ご要望に応じて、どんなものでもおつくりします。



《《 THE SECOND NIGHT

《THE SECOND NIGHT》 魔改器械 バサバサカサフライさん

「御好次第何品ニテモ製造仕候也（ご要望に応じて、どんなものでもおつくりします）」。これは、1882 年に発行された当社最古のカatalogに記された一文。創業以来 150 年受け継がれる“ものづくり DNA”のもと島津製作所チーム（番組では S 津製作所）は、一流のエンジニアたちがお題に対してアイデアとテクニックを競う、NHK の「魔改造の夜」に出演した。「ビニール傘滞空マッチ」では、日用品の「ビニール傘」を魔改造し、「バサバサカサフライさん」が誕生した。



ダブルミーニングの「フライ」をモチーフに、力強くはばたく「バサバサ」の音を添えて命名。アクチュエータを 3 つ搭載していることから、カサフライさん (3)。

KASAFLY

1 ギアボックス

傘を投げた 0.2 秒後にモーターが動き出し、1 秒間に最大 7 回はばたかせる。アルミと樹脂でできたタフな仕様ながら 1 つ 170 g と軽量に仕上げ、3 つ搭載。



バサバサ
はばたき軸

2 変形機構

ギアボックスのモーターが動き出すと、閉じた状態の羽の骨をロック機構から外し、ラッチによってしっかり固定。羽を滞空モードにキープする。ギアボックスとセットで 3 か所に搭載。



ロック機構

羽をたたんだ状態の折りたたみモードのときに、はばたき軸を留めておく。羽 1 枚につき L 字型のロック機構が 1 つ付き、展開時に羽や尾軸を巻き込むリスクを低減する。

3 羽

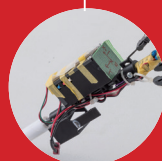
3 枚の羽のはばたきにより、8 の字に近い動きで羽のフチで空気の渦をつくり、揚力と推力を発生。3 方向のはばたきで安定飛行を実現している。露先などビニール傘の部品を随所に盛り込み、生贄へのリスペクトを表現。



尾軸

4 制御

制御に必要な機能を最小限の大きさで実現。マイコン・加速度センサ (IMU)・気圧センサ・ボタン・スピーカーを搭載し、飛び立つ、垂直姿勢を保つなど、全体をコントロールする。

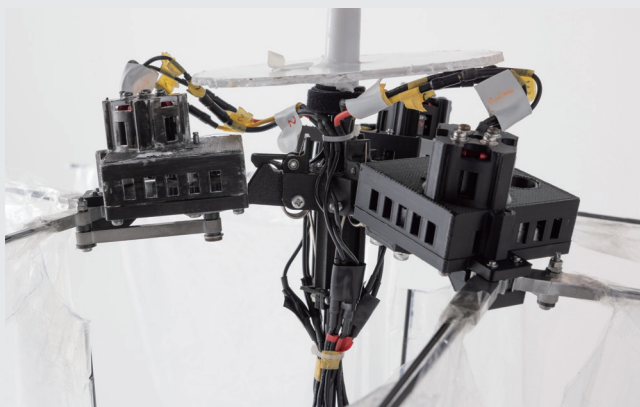


	羽の厚さ	20μm	羽の材料	ポリエチレン	柄・骨の材料	カーボン	重量	1.25kg
折りたたみ時	全幅	前後方向	18cm	横方向	18cm	長さ	115cm	
雨しのぎ時	全幅	前後方向	114cm	横方向	120cm	全高	115cm	
滞空時	全幅	前後方向	140cm	横方向	140cm	全高	115cm	

KASAFLY'S MECHANISM

1 ギアボックス

3つの歯車で回転をはばたきに変える



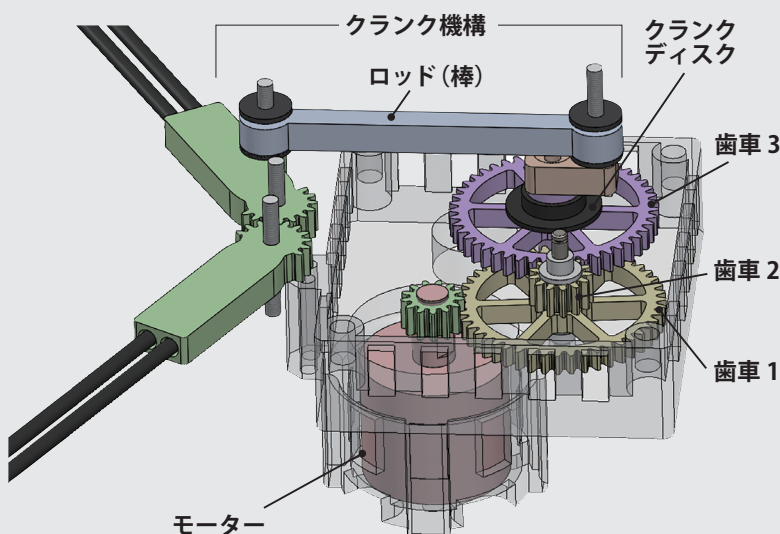
開発開始から5日目には3DプリンタでVer.1を製作し、その後、試験⇒崩壊⇒修理⇒改良を重ね、緻密な加工により高い堅牢性を保持するギアボックス。傘を投げて0.2秒後にモーターが動く

と、回転が歯車に伝わる。2枚の歯車で1/13に減速された回転運動は、クランク機構へと入力され、ここで回転運動を前後運動に変換。羽を押し引きすることで、はばたき運動を実現している。

3つのギアボックスで安定飛行

素材は樹脂とアルミ。安定飛行のためにギアボックスを3つ搭載し重量は重めだが、得られる浮力はギアボックス2つ搭載のカサフライちゃん（後述）の1.5倍になっている。また、ギアボックス2つでは、垂直方向に少しでも傾き始

めると、制御しても傾きを戻せず墜落してしまうが、3つ搭載することで、どの方向に傾いても制御により傾きを抑えることに成功。理論上は電力がもつ限り滞空し続けることができる。



カサフライ兄妹 誕生秘話



「カサフライさん」は第二試技に登場した魔改器械だが、第一試技に挑んだのは「カサフライちゃん」。カサフライさんの妹である。試験機用として開発され、夜会1週間前に第一試技に出場することが決まったカサフライちゃんは、1か月半の間にVer.7まで製作され、強く、たくましくなったギアボックスを2つ搭載。夜会の舞台に立った。
兄であるカサフライさんのギアボックスは、カサフライちゃんのウィークポイントを改善し、Ver.9まで製作されている。

KASAFLY'S MECHANISM

2 変形機構

すばやく変形、しっかり固定



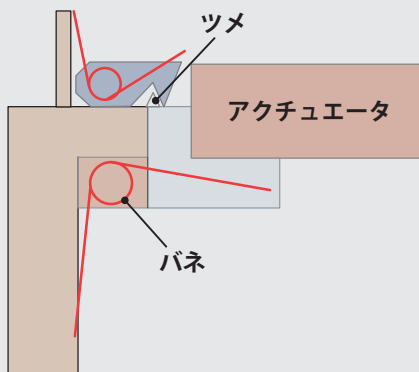
ギアボックスの内側にある、羽を展開させるための機構。折りたたんだ状態では、羽、アクチュエータとともにはばたき軸がロック機構で固定され、傘を投げてアクチュエータのモーターが動き出すと、閉じたはばたき軸が開き、ロック機構が

ら解放されてはばたき始める。

ロック機構から解放されたアクチュエータと羽は、強力なバネの力で滞空モードへ。90°展開し滞空モードになると、アクチュエータは変形機構に設置したラッチで固定され、滞空モードをキープする。

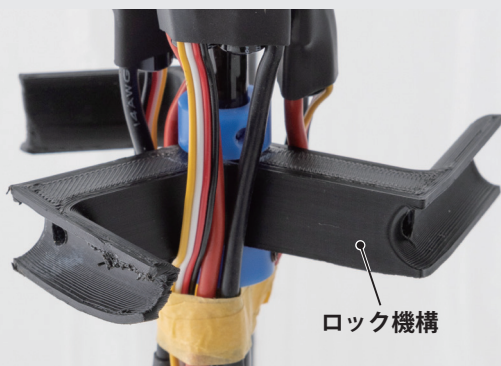
🔪 ラッチのツメで 固定&安定飛行をサポート

はばたき軸が挿しこまれたアクチュエータと変形機構を固定するのが、ラッチ機構。三角形のツメがかみ合うことで、固定されるようになっている。ツメにガタがあると、はばたきの振動でアクチュエータが暴れ、揚力の減衰や傘の姿勢を崩す原因となるため、3D プリンタで作成。組み立て後は手作業でガタのないように成形している。



🔪 ロック機構により 華麗なる変形が“整う”

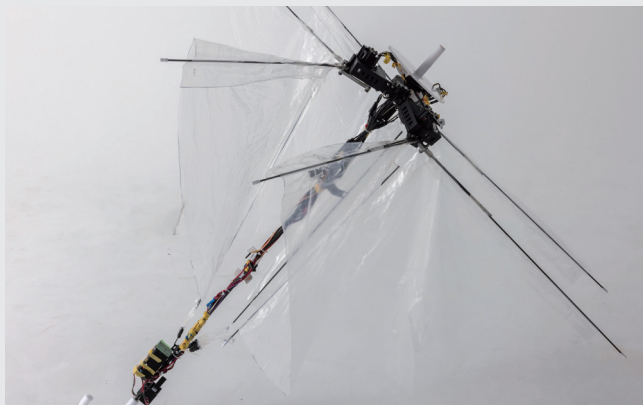
雨しのぎモードから飛行前の折りたたみモードへの変形では、開いていた羽を閉じ、はばたき軸をL字型のロック機構に引っかけている。続いて滞空モードの準備のため、尾軸のバックルを主軸に接続。アクチュエータの誤展開を防ぐマジックテープを外して、滞空モードへのスタンバイが整う。



KASAFLY'S MECHANISM

3 羽

8 の字に近い動きで空気の渦をつくる



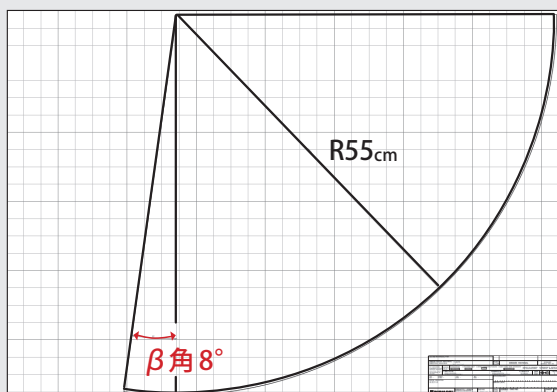
ハチドリ型飛行ドローンから着想した羽の動きを目指して再現。8 の字に近い動きではばたくことで、空気抵抗を受けて羽が傾き、はばたき軸がしなることでカーブ状の羽のフチで空気の渦をつくって揚力を発生させ、はばたきを閉じる際に下側に空気を押し出して推力を得ている。左右の羽

を1秒間に7回、120度開閉して4m/sの風を発生させて上昇する。

滞空モードでは、尾軸をストラップで柄とつなげて、はばたき時の羽のカーブ形状を安定させ、雨しのぎモードでは、尾軸の端を主軸からはずし、先端をアクチュエータに挿して羽の広がりをキープする。

β角 8°を設けて きれいなカーブを描く

はばたくハチドリのように、羽が8の字状に傾くカーブを発生させるβ角が、垂直にはばたく推力発生ポイント。β角により、軸骨のない下側が膨らんでカーブを形成することでハチドリの羽のカーブに近い形状になり、閉じる際だけでなく、開く際も下向きに推力が発生する。羽の開き角度は、傘らしさと揺れない安定性を追求した120°。



各モードに対応する 羽のゆとり

羽は3つのモードに対応できるように考案。閉じた状態の折たたみモードでは羽をピンと張り、飛行前の雨しのぎモードでは、雨をしのぐために尾軸をアクチュエータに挿して羽の広がりをキープ。最後の滞空モードのときは、尾軸をアクチュエータからはずして主軸にバックルでつなぎ、羽を開く。このとき羽にゆとりがでるようになっており、ゆとりを利用して、たとえば羽がラッチをかけ損なっても、羽が開くたびにラッチに引っかけるチャンスが得られる構造になっている。

はばたき軸 カーボンφ3mm ロッド2本
 (メイン軸長さ60cm、
 強度補助長さ20cm)

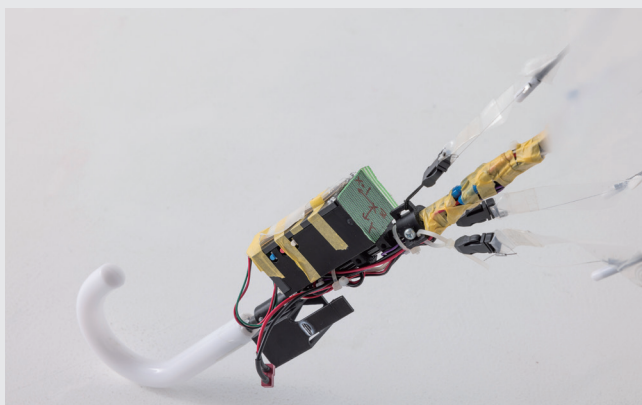
尾軸 カーボンφ3mm ロッド1本(長さ55cm)

羽シート ポリエチレン R55cm + β角 8° × 3枚

KASAFLY'S MECHANISM

4 制御

基板“AIAI 傘”が、姿勢と滞空をコントロール



傘を投げる前に、まず水平に寝かせた傘を起こしたり少し揺らしたりすることで、制御基板に搭載した加速度センサ（IMU）と気圧センサのキャリブレーション（補正）を行う。

キャリブレーション完了後は、傘を投げた 0.2

秒後にモーター出力を 100% にしてはばたかせ、左右の羽に沿った軸の傾きを加速度センサ（IMU）で計測。モーター出力を別々に制御することで、傘が倒れず、垂直姿勢を保ち、はばたきによって上昇して飛び続けられるようにプログラムしている。

☂ 垂直姿勢を保つ PID 制御

PID 制御はフィードバック制御の一種。目標値と入力値の差分により出力を変化させる比例制御（P）、目標値と入力値の差分の累積により出力を変化させる積分制御（I）、入

力値の変化量より出力を変化させる微分制御（D）を組み合わせた制御方法だ。目標値を垂直姿勢、入力値を加速度センサ（IMU）で得られた傘の傾きとしている。

基板“AIAI 傘”のしくみ

落下などの衝撃で壊れないようにボックスに納められた基盤。LED はボックスの外側に配置され、動作状態が遠目でも確認できる。

白・青・赤の 3 つのボタン

動きを操作するために 3 つのボタンを搭載。白：キャリブレーション開始、青：押したあと 0.2 秒後にはばたき開始、赤：動作停止

スピーカー

動作の状態を音で伝える

気圧センサ

カサフライさんの高さを検出

加速度センサ（IMU）

カサフライさんの姿勢を検出

LED

動作状態を光で表す

マイコン

加速度センサ（IMU）で検出した姿勢が垂直になるように、モーターへの制御信号を調整する

