

ニンジャトラック： 形状と柔軟性が変化する構造体をもちいたインタラクショ技法

Ninja Track: An interaction technique using a structure that can change its shape and flexibility

勝本 雄一朗 徳久 悟 稲蔭 正彦*

Summary. 本稿では、形状と柔軟性が変化する構造体をもちいたインタラクショデザインの一例として、ニンジャトラックを紹介する。ニンジャトラックとは、2cm角のABS片が縦横に蝶番で連結された構造体である。通常時においてニンジャトラックはベルト状をとり、ユーザは自由に折り曲げることができる。一方、縦方向に折りたたまれると、ニンジャトラックは柔軟性を失い、堅固な棒状となる。このニンジャトラックをインタフェースの素材とし、我々は2種類のアプリケーションを制作した。ひとつはゲームのためのニンジャトラックである。この例では、仮想的にも物理的にも変化するゲームコントローラとしての利用法が示されている。もうひとつは演奏のためのニンジャトラックである。この例では、形状とインタラクショによって音色が変化する電子楽器としての利用法が示されている。

1 はじめに

デジタルメディアは、ソフトウェアとハードウェアの2点で構成されている。

ソフトウェアとは、コンピュータを制御するOSであり、OS上で動作するアプリケーションプログラムである。ソフトウェアは情報であり、物質ではない。

一方でハードウェアとは、計算機としてのコンピュータ本体であり、ディスプレイやスピーカー、キーボードやマウスといったインタフェースである。その呼称が指し示すとおり、一般にハードウェアは堅固な物質であり、硬質な材質で覆われている。

ハードウェアに限らず、私たちの生活は机やマグカップのように、固く、堅く、硬い日用品で溢れている。だが、世界はかたいものばかりではない。例えば、植物や動物といった生物はしなやかである。その理由は、人体の7割が水分と言われるように、多分に水が含まれているからである。

水は柔軟である。形を変えて、あらゆる器に注ぐことができる。そして水は柔らかいばかりではない。凝固して氷になることができる。つまり水は、温度変化による相転移によって、形状と柔軟性が変わることができる。

ここでひとつ想像の翼をひろげてみたい。もし身の回りの日用品が、水のように形状と柔軟性が変化する性質をもったとすれば、私たちの生活はどう変わるだろうか。例えば家の鍵がそうなったとすれば、私たちはしなやかな状態で鍵をポケットにしまうこ

とができるだろう。例えば繊維がそうなったとすれば、ドレスからプロテクターへと早変わりする衣服が作れるだろう。

では、ハードウェアであるインタフェースが、形状と柔軟性が変化する性質をもったならば、私たちはどんなデジタルメディアに触れることができるだろうか。そこでは、どのようなインタラクショが発生しうるだろうか。

これらの疑問を解決するために、我々は図1に示す構造体・ニンジャトラックを制作し、ニンジャトラックを活用する2種類のアプリケーションを実装した。



図1. ニンジャトラック (左：棒状態・右：ベルト状態)

2 ニンジャトラック

形状と柔軟性が変化するインタフェースを開発するにあたり、まず我々は、その材質となる構造体の設計から開始した。構造体の設計にあたっては、特に次の4点を考慮した。

Copyright is held by the author(s).

* Yuichiro Katsumoto, シンガポール国立大学 Keio-NUS CUTE Center, Satoru Tokuhisa and Masa Inakage, 慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科

1. 形状が柔軟に変えられる構造であること。
2. 柔軟性そのものが変えられる構造であること。つまり柔らかい状態と固い状態が切り替えられること。
3. インタフェースの材質として使えること。つまりセンサやアクチュエータを設置、ないし内蔵する余地があること。
4. アクチュエータによって、形状とともに柔軟性が切り替えられる構造であること。このアクチュエータは、PCのインタフェースとして許容できるサイズ、およびUSBが供給する電力で動作するものを基準とする。

上記の4項目を踏まえて、当初より我々はベルト状の構造体を想定した。通常時は帯のようにしなやかであり、伸ばしたり、丸めたりすることができる。しかし何らかの外力を契機として、構造体は柔軟性が失われて、堅固な棒状となることができる。この忍具のような理想の構造体を、我々はニンジャトラックと命名した。そしてニンジャトラックを具現化するために、次節より述べる3種類の設計方式を検討した。

なおすべてのプロトタイプにおいて、その構造材料には3Dプリンタ [1] によって出力されたABSを使用している。

2.1 数珠つなぎ式

数珠つなぎ式は、ABSの小片を紐で数珠つなぎにし、紐の張り具合によって構造体の形状と柔軟性を変化させる方式である。我々が検討したプロトタイプ(図2)では、紐に糸・ゴム紐・テグスなどを使用した。この方式によって作られた構造体は、ベルトとして使用できる程度の十分な柔軟性をもっていた。しかしながら棒状時の堅固さは紐の張力に依存し、USBの供給電力で作動する規模のサーボモータ・ソレノイドによって、棒として振り回せるだけの張力を保持することが不可能であった。

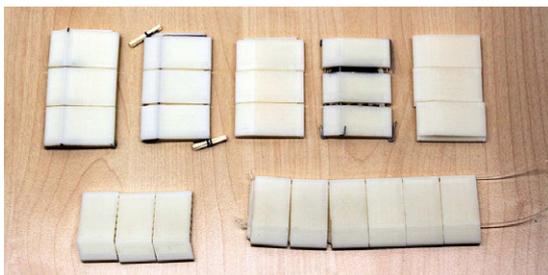


図 2. 数珠つなぎ式のプロトタイプ

2.2 入れ子蝶番式

入れ子蝶番式のプロトタイプ(図3)は、中空の外パーツと、外パーツに挿入される内パーツの2つ

で構成されている。両パーツはそれぞれ蝶番によって連結されており、通常時は両者の蝶番が同位置にあるため、構造体は柔軟に曲がることできる。また内パーツを押し込み、外パーツと内パーツの蝶番の位置をずらすことによって、構造体は棒状化することができる。本方式は、内パーツをスライドさせるのみで構造体の柔軟性を切り替えられるという利点がある。しかしながら我々のプロトタイプでは内パーツと外パーツの摩擦が大きく、小規模のアクチュエータによって内パーツをスムーズにスライドさせることが難しかった。

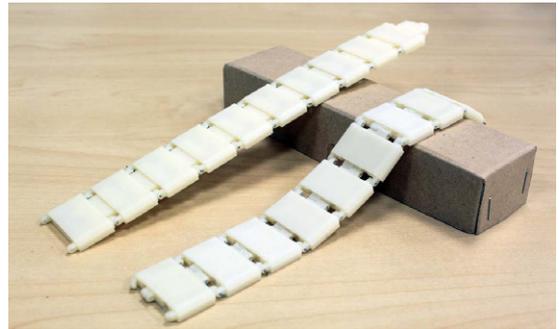


図 3. 入れ子蝶番式のプロトタイプ

2.3 縦横蝶番式

縦横蝶番式のプロトタイプ(図1・図4)は、2cm角の小片が縦横に蝶番で連結された構造体である。通常時、この構造体はベルト状をとり、縦横方向に柔軟性を持っている。この状態から縦方向に90度以上折りたたむことで、構造体は棒状化し、棒として振り回せる程度に堅固となる(図5)。縦横蝶番方式は回転運動によって構造体の折り畳みが制御でき、インタフェースとして許容できる程度の小規模のサーボモータによっても形状と柔軟性を容易に変化・維持できることが判明した。

よって我々は、ニンジャトラックの制作に本設計方式をもちいた。

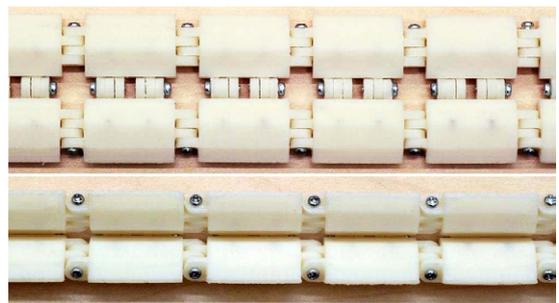


図 4. 縦横蝶番式のプロトタイプ(上:ベルト状態・下:棒状態)

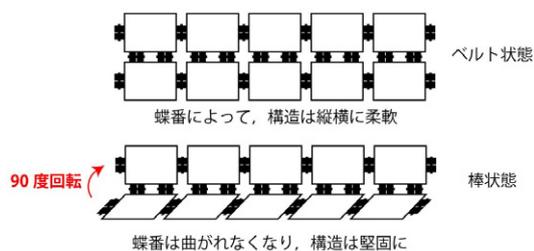


図 5. 縦横蝶番式の模式図

3 アプリケーション

次に我々は、形状と柔軟性が変化する構造物・ニンジャトラックをインタフェースとして使用した場合に、どのようなアプリケーションが作れるかを検討した。拡張現実感 (AR) を実現する諸事例は、実世界の静的な物質に動的な仮想情報の重畳を特徴としている。一方、ニンジャトラックをインタフェースとして使用した場合、情報・物質ともに動的に性質を変化させることができる。この特性を利用し、我々はゲームコントローラと電子楽器という2種類のアプリケーションを制作した。

3.1 ゲームコントローラ

図6は、TVゲームにおけるニンジャトラックの利用例を示すために制作した、フィジカルコントローラ (以下 NTG) である。NTG では、黒色のニンジャトラックが筒状のグリップと連結されている。グリップ内部には、サーボモータ、加速度センサ、スイッチ、MCU (Arduino Pro Mini[2]) が設置されている。また MCU は USB ケーブルによって MacBook Pro と接続されている。なお Mac 上では、Max/MSP にて制作した音声再生ソフトウェアが起動しており、コントローラを動かすユーザーの運動に応じて効果音を再生することができる。

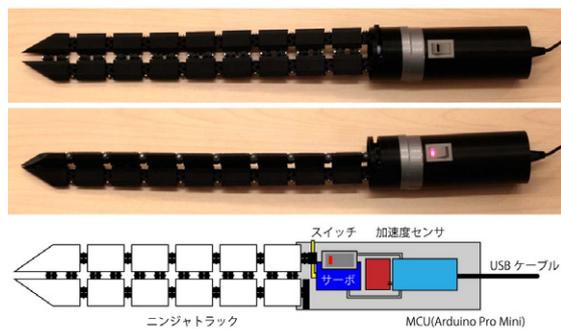


図 6. NTG のプロトタイプと模式図

図7は、NTG の使用風景である。ベルト状態において、ユーザーは NTG を鞭として使うことができる。つまり NTG を振ると、ニンジャトラックの形状と柔軟性がもたらす力学的なフィードバックと、

PC が再生する音声情報のフィードバックによって、ユーザーは NTG を鞭そのものとして実感することができる。一方、グリップに添えられたスイッチをオンにすると、グリップ内のサーボモータによって、NTG は自動的に折りたたまれ棒状となる。これと同時に音声再生ソフトウェアのモードが切り替わるため、ユーザーは NTG を剣そのものとして実感することができる。



図 7. NTG の使用風景 (左: 鞭モード・右: 剣モード)

3.2 電子楽器

図8は、演奏におけるニンジャトラックの利用例を示すために制作した電子楽器 (以下 NTM) である。NTM では、白色のニンジャトラックが箱状のケースと連結されている。箱状のケースの内部には、加速度センサ、スイッチ、MCU (xte[3])、9V 乾電池が収納されている。MCU は XBee によって MacBook Pro との通信を行なっている。加えてニンジャトラックの表面には ABS 片ごとにタクトスイッチが、裏面には曲げセンサーが添えられている。ほかニンジャトラックの各所には、棒状態・リング状態を判定する接点端子が添えられている。スイッチ・曲げセンサー・接点端子は、ケース内の MCU と接続されている。なお Mac 上では、ゲームコントローラと同様に、音声再生ソフトウェアが起動している。

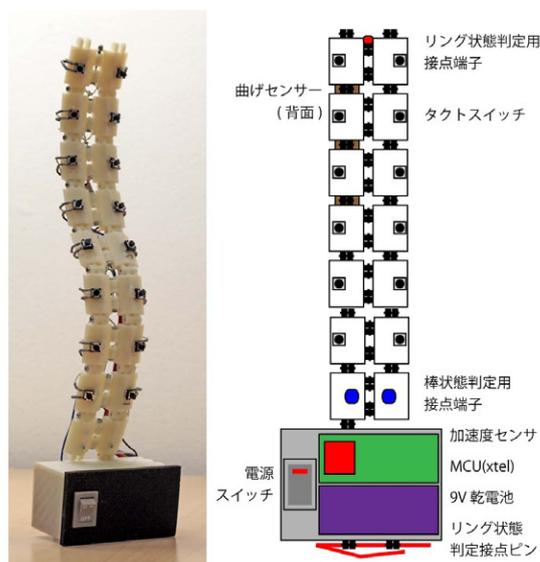


図 8. NTM のプロトタイプと模式図

図9は、NTMの使用風景である。ベルト状態において、ユーザはNTMをリコーダーとして演奏することができる。つまり、NTMに添えられたスイッチを押すと、リコーダーの音がPCから再生され、ユーザはリコーダーを演奏しているような感覚を得ることができる。この状態からニンジャトラック部分を少し折り曲げ、サクソフォンのような形をつくらせてスイッチを押すと、NTMはサクソフォンの音を鳴らす。つまり形状の変化にともない、NTMは音色を変化させ、インタラクションを変更する。以下同様に、棒状態で振るとドラムの音が、リング状態で振ると鈴の音が、リング状態で回転させるとハープロールの音が再生される。

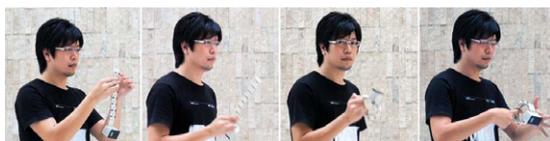


図9. NTMの使用風景(左からリコーダー・ドラム・鈴・ハープロール)

4 議論

本章では、現行のニンジャトラックの問題点、およびニンジャトラックのインタフェース以外の利用例について議論する。

現行のニンジャトラックは、3Dプリンタから出力されたABSを材質として使用しているため、金属や工業用プラスチックに類する強度をもっていない。加えてABSは樹脂であるため、長く伸ばした場合に撓みが発生する。よって、現行のニンジャトラックが堅固な棒として保てる長さは約40cmである。この問題について我々は、強く軽い適切な素材を採用することで解決できる、と考えている。

縦横蝶番式で制作されたニンジャトラックは、入れ子蝶番式と同様に、部品同士の摩擦が変形時の負荷となっている。よって現行のニンジャトラックにおいて、1つのサーボモータで折りたたむことができる最大長は約30cmである。より長いニンジャトラックをアクチュエータで折りたたむ場合は、30cm毎にサーボモータを設置する必要があるだろう。

本稿ではニンジャトラックのユーザインタフェースとしての利用例を示すために、2種類のアプリケーションを実装した。一方で我々は、インタフェース以外のニンジャトラックの利用法を検討している。具体的には、ベルトから杖や添え木へと早変わりする登山具の開発を予定している。

5 関連研究

本章では、形状と柔軟性が変化するインタフェースとしてのニンジャトラックと関連する研究につい

て述べる。

2000年代後半より、オーガニックユーザインタフェース(OUI)[4]、ないしマテリアルコンピューティング(MC)[5]と呼ばれる研究が世界各地で開始されるようになった。これらの研究に共通する特徴は、布や液体など柔軟で形状を変化させやすい物体をインタフェースとして、コンピューティングに取り入れようとしている点である。

OUIとMCの具体例には、次のものが挙げられる。衣服をインタフェース化した事例として、Fabric Computing Interfaces[6]、LilyPad[7]などがある。よりマイクロなレベルでは、抵抗熱と形状記憶合金によって繊維を動作させるSprout I/O[8]、同じく布の形状を変化させるSurflex[9]などがある。また毛皮においては、振動モータによって毛並みを制御するFur Interface[10]が挙げられる。

流体をインタフェース化する試みでは、ディスプレイという意味で電磁石によって磁性流体を制御する児玉幸子作品[11]、およびそのインタフェース的応用としてLiquid interface[12]などがある。またシリコンのようにゲル状の物質をインタフェースにもちいた例では、Sensing Through Structure[13]が挙げられる。

これらの先行事例は、柔軟な物質をインタフェースに使用し、形状の可変性をインタラクションに取り入れている。だが、そのインタラクションには形状と柔軟性の変化が活かされていない。つまりニンジャトラックにおいてベルト状から棒状へと転移することで発生する、柔らかさと固さの確かな変化をもちいたインタラクションの活用が、先行事例では行われていない。

6 まとめ

我々は、形状と柔軟性が変化する構造体としてニンジャトラックを開発した。またニンジャトラックをインタフェースとして利用した場合に生じるインタラクション技法を示すために、鞭から剣へと変形するゲームコントローラと、形状とインタラクションによって音色を変える電子楽器を制作した。今後、我々は現行のニンジャトラックとアプリケーションのユーザテストを行いながら、その改変と拡充を続けていく。

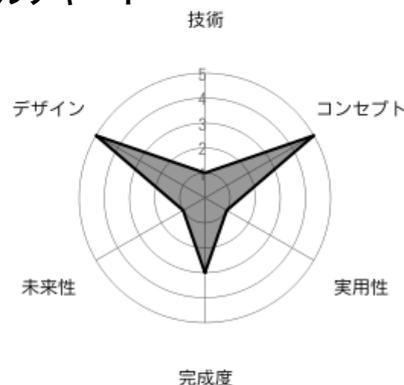
謝辞

本研究は、シンガポール・メディア開発庁(MDA)が管轄する国立研究基金(NRF)の助成によって設立された、CUTE Project No. WBS R-705-000-100-279のもとで行われた。また構造体のプロトタイプングにあたっては、シンガポール国立大学 新居英明博士より多大なる助言を頂いた。ここに感謝する。

参考文献

- [1] Dimension 1200es SST
http://www.dimensionprinting.com/
- [2] Arduino Pro Mini. http://www.arduino.cc/
- [3] S. Tokuhisa, T. Ishizawa, et al.. xtel: a development environment to support rapid prototyping of "ubiquitous content". In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, pp. 323–330, 2009.
- [4] R. Vertegaal, I. Poupyrev. SPECIAL ISSUE: Organic user interfaces. In *Communication ACM, Volume 51, Number 6*, pp. 26–30. ACM, 2008.
- [5] L. Buechley, M. Coelho. Special issue on material computing. In *Personal and Ubiquitous Computing, Volume 15, Number 2*, pp. 113–114. Springer, 2011.
- [6] M. Orth, R. Post, E. Cooper. Fabric computing interfaces. In *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems*, pp. 331–332, 1998.
- [7] L. Buechley, B.M. Hill. LilyPad in the wild: how hardware's long tail is supporting new engineering and design communities. In *Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems*, pp. 199–207, 2010.
- [8] M. Coelho, P. Maes. Sprout I/O: a texturally rich interface. In *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction*, pp. 221–222, 2008.
- [9] M. Coelho, H. Ishii, P. Maes. Surfex: a programmable surface for the design of tangible interfaces. In *CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 3249–3434, 2008.
- [10] M. Furukawa, Y. Uema, et al.. Fur interface with bristling effect induced by vibration. In *Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference*, pp. 17:1–17:6, 2010.
- [11] S. Kodama. MorphoTower / Spiral Swirl. In *ACM SIGGRAPH 2006 Art gallery*, 2006.
- [12] J. Koh, K. Karunanayaka, et al.. Liquid interface: a malleable, transient, direct-touch interface. In *Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 45–48, 2010.
- [13] R. Slyper, I. Poupyrev, J. Hodgins. Sensing through structure: designing soft silicone sensors. In *Proceedings of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction*, pp. 213–220, 2011.

アピールチャート



未来ビジョン

ユビキタスコンピューティング、拡張現実感という概念が誕生して二十余年がたつ。この恩恵を全身に浴びて、我々は様々なアイデアを思いつき、それを実行することができた。

こうした開拓活動の結果として、肥沃だった大地は枯れつつある。ワイザーやウェルナーらが発見した当初の輝きは失われ、洗練とともに面白みが失われ、先が見えない状態が続いている。もちろん、これはHCIに限らず、あらゆる創造活動についてまわる厄災である。

それでは、どうすればHCIに豊穡さが取り戻せるのだろうか。能を大成させた世阿弥は、奇なるものこそ面白い、と風姿花伝で述べている。これが真実であるならば、奇なるコンセプト、つまりはユビコンプやARに匹敵する新しい概念が生み出せれば、大地は再び活性化することに違いない。

このような問題意識に基づいて、我々はPhase Transition-ish Apparatus(PTA)と称する研究プロジェクトを開始した。このプロジェクトは、水が氷や水蒸気へと変わる相転移(Phase Transition)のように、仮想的にも物理的にも性質が変化する物体がコンピューティングに組み込まれたら、というコンセプトを具現化するために行われている。ニンジャトラックは、その活動から生み出された、新味である。

我々は、今後もPTAを創造していく。望むべくは、皆にもPTAを創造してもらいたい。そしてPTAより面白いコンセプトを生み出して欲しい。最も重要なことは、「誰」がHCIの新地平を見つけるかではなく、「人類」が未来を創造し続けることなのだ。これこそが、この世を面白くする唯一の方法なのだと、遊ぶ研究者たる我々は思う。