

AI 特許紹介(92)  
AI 特許を学ぶ！究める！  
～HOVER 特許～

2026 年 9 月 10 日  
河野特許事務所  
所長弁理士 河野英仁

「AI 特許紹介」シリーズは、注目すべき AI 特許のポイントを紹介します。熾烈な競争となっている第 4 次産業革命下では AI 技術がキーとなり、この AI 技術・ソリューションを特許として適切に権利化しておくことが重要であることは言うまでもありません。

AI 技術は Google, Microsoft, Amazon を始めとした IT プラットフォーマ、研究機関及び大学から毎週のように新たな手法が提案されており、また AI 技術を活用した新たなソリューションも次々とリリースされています。

本稿では米国先進 IT 企業を中心に、これらの企業から出願された AI 特許に記載された AI テクノロジー・ソリューションのポイントをわかりやすく解説致します。

## 1.概要

特許出願人 NVIDIA

出願日 2025 年 3 月 14 日

公開日 2026 年 4 月 9 日

公開番号 US20260097490

発明の名称 ロボットシステム及びアプリケーションにおける統合ニューラルモーション制御の展開

490 特許は多様な制御モードに応じたマスクを目標状態に適用し、マスク済み目標状態と固有受容感覚とを蒸留済みの統合モデルに入力しアクションを出力することで、多様な制御モードを単一のポリシーに統合するマルチモード・ポリシー蒸留フレームワークである HOVER (Humanoid Versatile Controller) 技術に関する。

## 2.特許内容の説明

### (1)AI ワークフロー

下記図は、学習エンジン 122 および実行エンジン 124 を示すブロック図である。

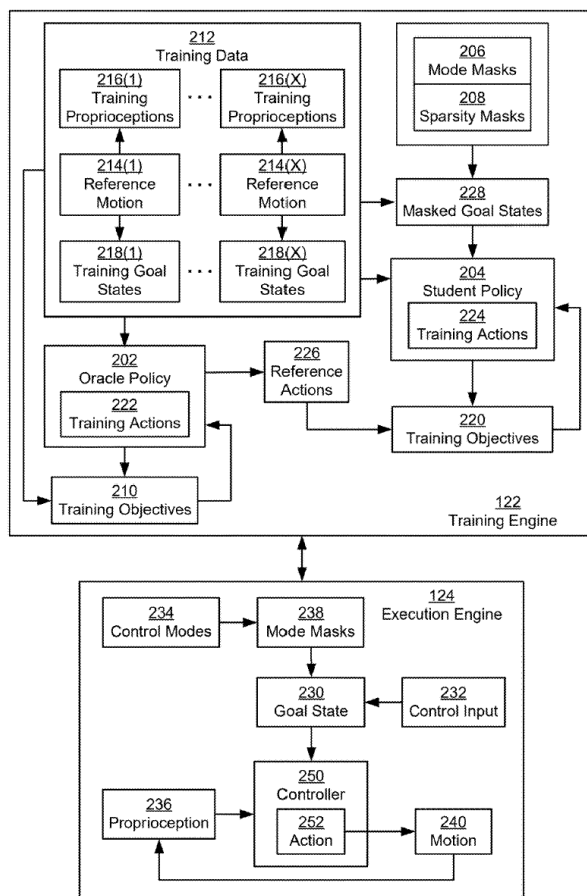


FIGURE 2

ニューラル動作制御は、機械学習モデルを含むコントローラ 250 を繰り返し実行し、多関節オブジェクトの動作 240 におけるフレーム毎に異なるアクション 252 を生成する。コントローラ 250 から出力される各アクション 252 は、対応するタイムステップにおいて多関節オブジェクトの関節及びその他の部分の構成を更新するために使用され、それによって多関節オブジェクトに当該アクションに対応する動作 240 を生じさせる。

目標状態 230 は、現在のタイムステップにおいてアクション 252 を実行することによって達成されるべき状態を含む。例えば、目標状態 230 は、関節及び多関節物体のその他の部分に関する、目標位置、向き、角度、並進速度、角速度、およびその他の属性を含む。

目標状態 230 は、制御入力 232 および 1 つ以上の制御モード 234 に関連付けられた一連のモードマスク 238 に基づいて生成される。制御入力 232 には、コマンド、センサデータ、1 つ以上の入力デバイスを介して受信されたデータ、および、多関節物体の

移動や動作に関連するその他の種類の外部制御信号が含まれる。多関節オブジェクトの様々な制御モード 234 に関連付けられたモードマスク 238 が、目標状態 230 の属性に適用され、コントローラ 250 への入力生成される。

制御モード 234 は、多関節オブジェクトの動作を制御するための異なるメカニズムまたは戦略に対応している。各制御モードは、特定の種類の制御入力 232 および目標状態 230 に含まれる属性に関連付けられている。例えば、移動（ロコモーション）のためのルート追跡に対応する制御モードは、多関節オブジェクトの全体的な動作に関連する方向、速度、軌道、その他の属性を指定する制御入力 232 を、多関節オブジェクトのルート位置に関する目標速度、高さ、および向きに変換する。

多関節オブジェクトの複数の部分について制御モード 234 が決定された後、それらの制御モード 234 に関連付けられたモードマスク 238 が、目標状態 230 内の属性に適用される。より具体的には、モードマスク 238 は、選択された制御モード 234 に基づいて目標状態 230 の属性をフィルタリングするために使用される。これにより、制御モード 234 が対象とする多関節オブジェクトの部分に関連しない目標状態 230 の属性は、コントローラ 250 への入力から除外される。例えば、ルート追従制御モードに関連付けられたモードマスク 238 は、目標状態 230 内のルート属性を保持し、関節角度及び運動学的（キネマティック）位置に関連する属性を目標状態 230 からフィルタリングするために使用される。

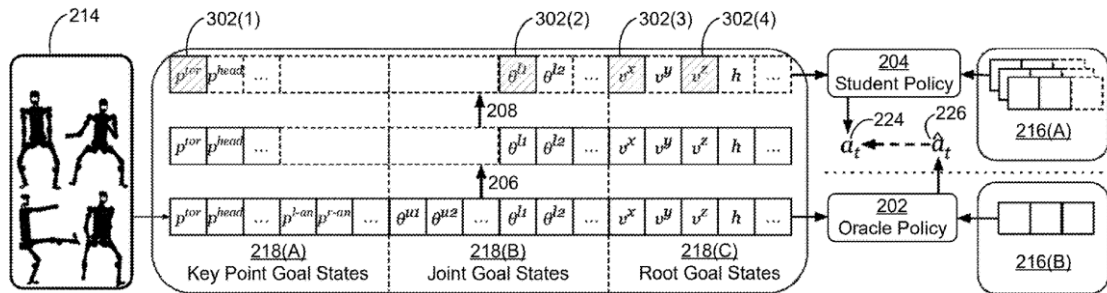
固有受容感覚 236 は、関節を有するオブジェクトの現在および過去の状態を表すデータを含む。例えば、固有受容データ 236 は、当該関節システムに関する、直近の  $k$  個の関節位置、関節速度、角速度、線形加速度、接触力、動作、およびその他の物理的属性の履歴を含む。

コントローラ 250 は、目標状態 230 および固有受容感覚 236 を含む入力に基づき、対応する動作 252 を生成する。例えば、コントローラ 250 は機械学習モデルを用いて、目標状態 230 および固有受容感覚 236 を動作 252 に写像する。この動作 252 には、関節位置、関節の向き、キーポイント位置、モータ指令、ルート速度、および多関節物体の運動 240 に関連するその他の種類の出力が含まれる。次いで、動作 252 を用いて多関節物体の自由度を駆動し（例えば、比例微分（PD）コントローラを介して）、その結果、次のタイムステップに向けた更新された固有受容感覚 236 が得られる。このプロセスは、全体的な目標（例えば、多関節物体が到達すべき位置、操作タスクの完了、運動スキルの実演など）が達成されるか、次のタイムステップのための追加の目標状態 230 が指定されなくなるか、あるいは他の所定の終了条件が満たされるまで繰り返される。

学習エンジン 122 は、オラクルポリシー202 およびスチューデントポリシー204 を含む機械学習モデルを学習させることにより、コントローラ 250 を生成する。

## (2)蒸留による学習

下記図は、学習エンジン 122 がスチューデントポリシー204 を学習させるために使用する蒸留プロセスの例を示す。



図に示すように、データセット（例えば、ヒューマノイド用にリターゲットイングされた人間の動作のデータセット）からの参照動作 214 を使用して、キーポイント目標状態 218(A)、関節目標状態 218(B)、およびルート目標状態 218(C)を含む目標状態 218 が決定される。キーポイント目標状態 218(A)は、キーポイント位置の追跡を行うために使用される目標状態 218 内の属性を含む。例えば、キーポイント目標状態 218(A)は、多関節物体上のキーポイントの目標 3 次元位置を含む。

関節目標状態 218(B)は、関節角度の追跡を行うために使用される目標状態 218 内の属性を含む。例えば、関節目標状態 218(B)は、多関節物体内の様々な関節および関節モータの目標関節角度を含む。ルート目標状態 218(C)は、多関節物体におけるルートの目標属性を含む。例えば、ルート目標状態 218(C)は、多関節物体の目標ルート速度、ルート高さ、およびルート向きを含む。

モードマスク 206 は、キーポイント目標状態 218(A)、関節目標状態 218(B)、およびルート目標状態 218(C)から、複数のコマンドモードに関連付けられていない属性のサブセットを除去するために使用される。例えば、モードマスク 206 は、キーポイント目標状態 218(A)、関節目標状態 218(B)、およびルート目標状態 218(C)から、下半身の位置および上半身の関節角度を除外するために使用される。したがって、モードマスク 206 は、上半身キーポイント追跡、下半身関節角度追跡、およびルート追跡といったコマンドモードに対応する。

スパース性マスク 208 は、マスクされた目標状態 228 に含めるための、複数の残りの属性 302(1)~302(4)を選択するために使用される。例えば、スパース性マスク 208 は、マスクされた目標状態 228 に含めるものとして、キーポイント目標状態 218(A)における胴体位置に対応する第 1 の属性 302(1)、関節目標状態 218(B)における特定の身体下部の関節角度に対応する第 2 の属性 302(2)、ルート目標状態 218(C)における x 軸方向の速度に対応する第 3 の属性 302(3)、およびルート目標状態 218(C)における z 軸方向の速度に対応する第 4 の属性 302(4)を選択するために使用される。

マスクされた目標状態 228 および一連の学習用固有受容感覚 216(A)がスチューデントポリシー204 に入力され、スチューデントポリシー204 が実行されて、対応する一連の学習用アクション 224 at が生成される。マスクされていない学習用目標状態 218 および別の学習用固有受容感覚 216(B)がオラクルポリシー202 に入力され、オラクルポリシー202 が実行され、対応する一連の参照アクション 226 ât が生成される。次いで、学習用アクション 224 および参照アクション 226 から算出された学習目的 220 を最適化することによって、スチューデントポリシー204 が更新される。

スチューデントポリシー204 は、データセット集約 (Dagger : dataset aggregation) を用いたポリシー蒸留技術によって学習される。Dagger 蒸留プロセスにおいて、学習エンジン 122 は、まず、学習データ 212 内の参照モーション 214 およびオラクルポリシー202 によって生成された対応する参照アクション 226 から導出される、学習用固有受容感覚 214 および学習用目標状態 218 を用いて、スチューデントポリシー204 を学習させる。参照モーション 214 に関連付けられた参照アクション 226 を模倣する学習用アクション 224 を出力するようにスチューデントポリシー204 が学習された後、学習エンジン 122 は、オラクルポリシー202 とスチューデントポリシー204 の重み付き組み合わせを用いて、学習用固有受容感覚 216 および学習用目標状態 218 の新たな軌道をサンプリングする。

スチューデントポリシー204 の学習が完了した後、実行エンジン 124 は、学習済みスチューデントポリシー204 をコントローラ 250 に組み込み、選択された制御モード 234 および制御入力 232 に基づいて、多関節オブジェクトのための新たな動作 240 を生成する。

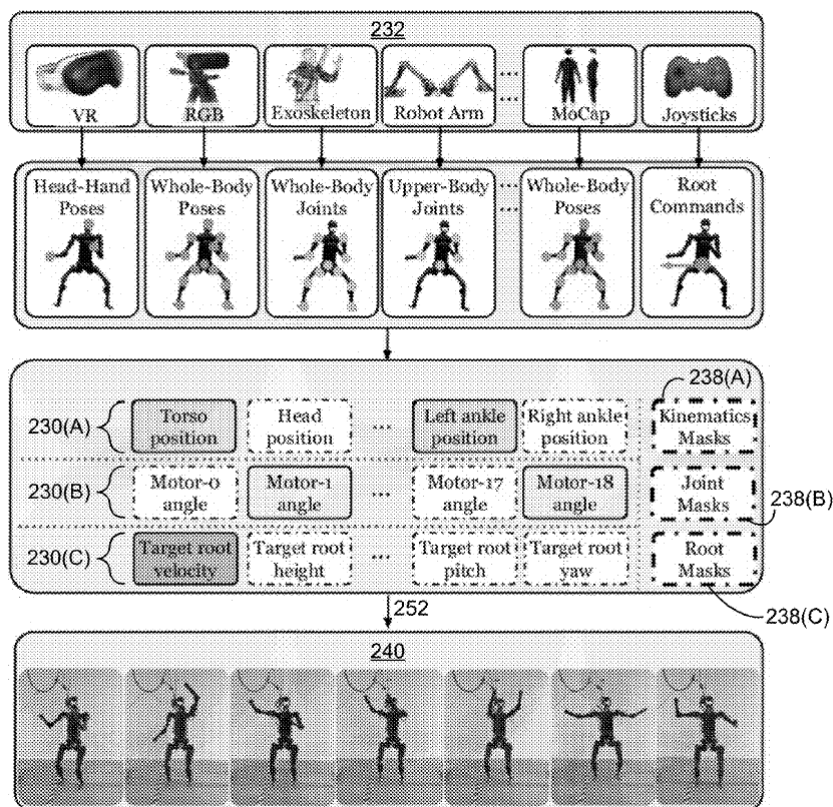
### (3)推論処理

推論時の処理は以下のとおりである。実行エンジン 124 は、制御モード 234 に関連付けられたモードマスク 238 を目標状態 230 に適用し、マスクされた目標状態 230 を

生成する。また、実行エンジン 124 は、多関節オブジェクトに関するセンサ入力、多関節オブジェクトを含むシミュレーション、および多関節オブジェクトの状態に関連する他の情報源を用いて、固有受容感覚 236 を決定する。

実行エンジン 124 は、マスクされた目標状態 230 および固有受容感覚 236 をコントローラ 250 に入力し、コントローラ 250 内の学習済みスチューデントポリシー 204 を使用して、対応するアクション 252 を生成する。実行エンジン 124 は、アクション 252 を対応する動作 240 に変換し、アクション 252 を使用して、次のタイムステップのための更新された固有受容感覚 236 を生成する。実行エンジン 124 は、所定のタイムステップ数にわたって、制御入力 232 が提供されなくなるまで、制御入力 232 が生成された動作 240 の完了を示すまで、あるいは他の条件が満たされるまで、このプロセスを繰り返す。実行エンジン 124 は、追加のアクションおよび動作を生成する際、それらのアクションおよび動作を通じて実行される様々な種類のタスク（例えば、二足歩行、両手操作、遠隔操作など）を反映させるために、アクションおよび動作の生成に使用される制御モード 234 および制御入力 232 の種類を変更する。

下記図は、実行エンジン 124 が多関節オブジェクトの動作を生成する際の動作例を示す。



図に示すように、制御入力 232 には、様々な制御インターフェースを介して指定される多種多様な信号が含まれる。例えば、制御入力 232 には、VR コントローラを使用して指定される頭部および手のポーズ、画像・動画・その他の人物（または他の種類の多関節オブジェクト）の視覚的表現を用いて決定される全身ポーズ、外骨格から得られる全身の関節位置、ロボットアームから得られる上半身の関節位置、モーションキャプチャシステムを使用して指定される全身ポーズ、ならびにジョイスティック・キーボード・ゲームコントローラ・その他の入力デバイスから受信されるルートコマンドなどが含まれる。

制御入力 232 は、多関節オブジェクトの目標状態 230(A)、230(B)、および 230(C)の異なる表現を決定するために使用される。例えば、制御入力 232 は、多関節オブジェクトの固有受容感覚データ 236 と組み合わせられることで、目標状態 230(A)における目標キーポイント位置、目標状態 230(B)における目標関節角度、および目標状態 230(C)における目標ルート属性を決定する。

モードマスク 238(A)、238(B)、および 238(C)を、それぞれの目標状態 230(A)、230(B)、および 230(C)に適用して、コントローラ 250 に入力されるマスク済み目標状態を生成する。例えば、モードマスク 238(A)を用いて、目標状態 230(A)の胴体位置および左足首位置をマスク済み目標状態に含め、目標状態 230(A)内の他の目標キーポイント位置をマスク済み目標状態から除外する。モードマスク 238(B)を用いて、目標状態 230(B)の関節角度のサブセットを選択し、マスク済み目標状態に含めることができる。モードマスク 238(C)を用いて、目標状態 230(C)の目標ルート速度を選択してマスク済み目標状態に含め、目標状態 230(C)内の他の目標ルート属性をマスク済み目標状態から除外する。

コントローラ 250 は、入力されたマスク済み目標状態および固有受容感覚 236（図 4 には不図示）に基づいて、対応する動作 252 を生成し、その動作 252 を運動 240 に変換する。例えば、コントローラ 250 は、学習済みスチューデントポリシー 204 を用いて、目標関節位置、及び、達成すべき状態のその他の表現として動作 252 を予測する。また、コントローラ 250 は、PD コントローラまたは他の種類の制御システムを用いて、運動 240 を実現する対応する駆動信号を生成する。

### 3. クレーム

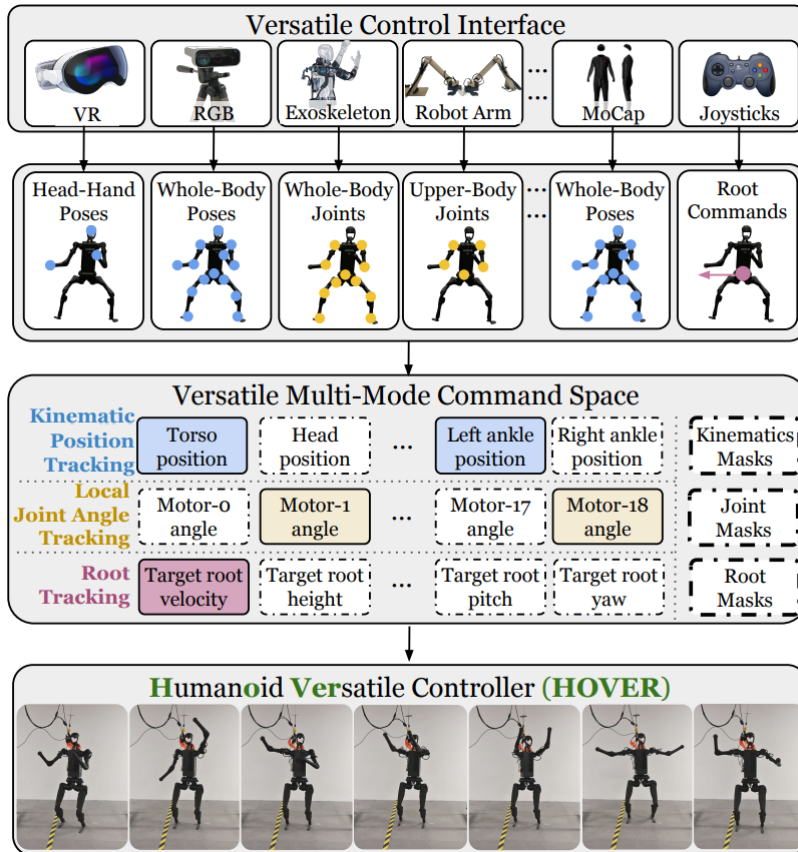
490 特許のクレーム 1 は以下の通りである。

#### 1. 方法において、

多関節物体の1つまたは複数の制御モードに関連付けられた複数のマスクを決定し、1つまたは複数のマスク済み目標状態属性を生成するために、前記多関節物体に関する複数の目標状態属性に前記複数のマスクを適用し、  
 学習済み機械学習モデルの実行により、少なくとも前記1つまたは複数のマスク済み目標状態属性に基づいて、1つまたは複数の動作を生成し、  
 少なくとも前記1つまたは複数の動作に基づいて、前記多関節物体を用いてタスクを実行する。

#### 4. 本特許に関連する論文

本特許に関する論文“HOVER: Versatile Neural Whole-Body Controller for Humanoid Robots”<sup>1</sup>が、NVIDIA の Tairan He 氏らにより公表されている。



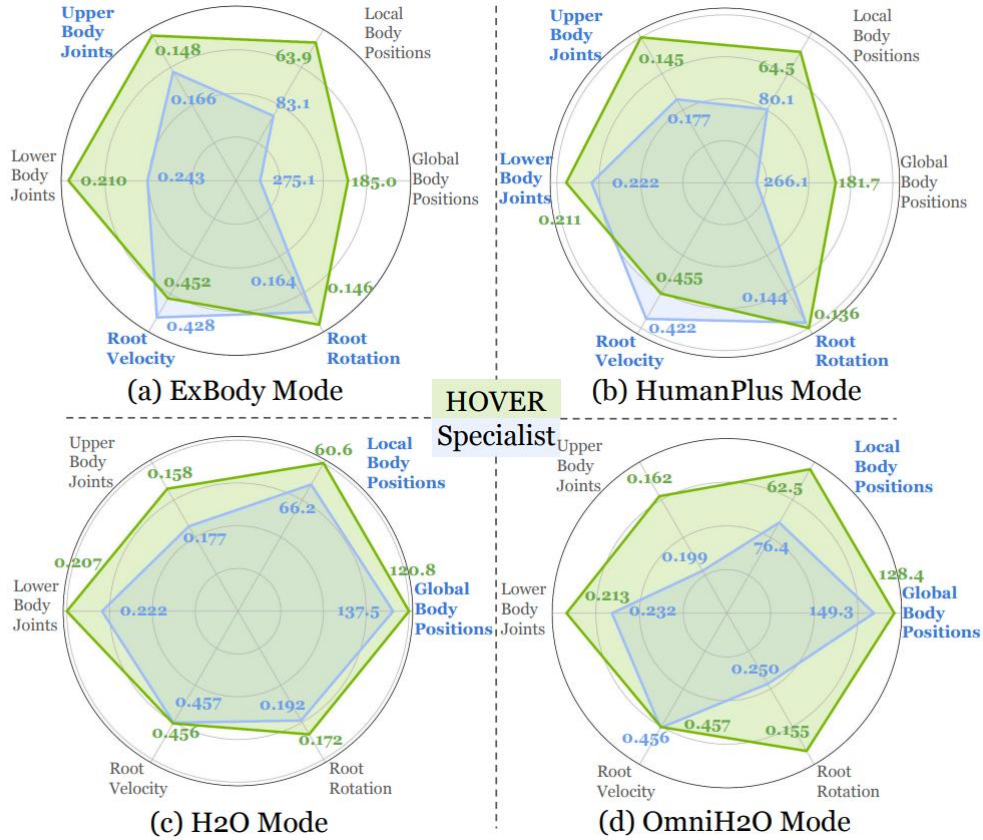
上述したように HOVER は、統一されたマルチモードコマンド空間を用いることで、汎用的なヒューマノイド制御を実現することができる。マルチモードコマンド空間は、運動学的位置の追従（青）、局所関節角度の追従（黄）、及び、ルート（基部）の追従（紫）

<sup>1</sup> Tairan He, et al. “HOVER: Versatile Neural Whole-Body Controller for Humanoid Robots” arXiv:2410.21229v2 [cs.RO] 6 Mar 2025



に対応する。ハイライトされた枠は現在追従中のアクティブなコマンドを示しており、マスク（右側の破線枠）を使用することで、多様なタスクに合わせて異なるコマンド空間を選択的に有効化できる。

論文には HOVER による従来手法との比較試験結果が示されている。



上記チャートは、各モードにおける、従来手法のスペシャリスト（青）と HOVER のジェネラリスト・ポリシー（緑）との比較を示す。使用した指標は、上部・下部関節の誤差 (rad)、身体の世界／ローカル位置誤差 (mm)、ルート速度誤差 (m/s)、およびルート回転誤差 (rad) である。これらの指標は、各ポリシーが異なる制御モードにおいて、参照動作及び関節構成をどの程度正確に追従できるかを評価するものである。各モードによって追従（有効化）されるモードは青色で示されている。HOVER によれば、ほぼ全てのモードで従来手法よりも正確に追従できていることが理解できる。

| Controller     | Multi-Mode Control | Upper-Body Command |             | Lower-Body Command |             |      |
|----------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|------|
|                |                    | Kinematic Position | Joint Angle | Kinematic Position | Joint Angle | Root |
| ExBody [12]    | ×                  | ×                  | ✓           | ×                  | ×           | ✓    |
| H2O [10]       | ×                  | ✓                  | ×           | ✓                  | ×           | ×    |
| OmniH2O [9]    | ×                  | ✓                  | ×           | ×                  | ×           | ×    |
| HumanPlus [13] | ×                  | ×                  | ✓           | ×                  | ✓           | ✓    |
| MHC [21]       | ✓                  | ×                  | ✓           | ×                  | ✓           | ✓    |
| HOVER (ours)   | ✓                  | ✓                  | ✓           | ✓                  | ✓           | ✓    |

上記図に示すように、全身ヒューマノイド制御における「事前研究のコマンド空間」という概念は、HOVER にも適用される。HOVER は、事前研究で提案されたあらゆるコマンド設計を統一されたコマンド空間で網羅しており、コマンド要素の任意のサブセットを追従させることで、マルチモード制御を可能にする。

HOVER の GitHub ページは以下のとおりである。

<https://hover-versatile-humanoid.github.io/>

#### 著者紹介

河野英仁

河野特許事務所、所長弁理士。立命館大学情報システム学博士前期課程修了、米国フランクリンピアースローセンター知的財産権法修士修了、中国清華大学法学院知的財産夏季セミナー修了、MIT(マサチューセッツ工科大学)コンピュータ科学・AI 研究所 AI コース、生成 AI ビジネスコース修了。MIT スローン経営大学院 Agentic AI コース修了。

[生成 AI・エージェント型 AI](#)、[フィジカル AI 特許コンサルティング](#)、[医療 AI 特許コンサルティング](#)の他、米国・中国特許の権利化・侵害訴訟を専門としている。著書に「世界のソフトウェア特許(共著)」、「FinTech 特許入門」、「[AI/IoT 特許入門 4](#)」、「[ブロックチェーン 3.0](#)(共著)」がある。