

生成 AI による AR 仮想ペット自律行動の制御手法

A Control Method for Augmented Reality Pet Autonomous Behavior with Generative AI

S225084 泉二 咲希
Motoji Saki

1. はじめに 近年、AI を用いたペットロボットが普及しており、それらは人々に癒しを提供している [1]。しかし、物理的な実体を持つロボットを動かすためには複雑な内部構造や高価な部品が必要となるため、一般家庭用ではぎごちない動きになるか、非常に高価・大型になってしまう。また、使用していない時でも部屋のスペースを占有してしまうという問題もある。

これらの物理的な制約を解消する手段として、AR 技術が有効である。AR 技術を用いれば、物理的な制限に縛られず、滑らかで自然に動くペットを、物理的な場所を取らずにユーザーの目の前に提示できる。

しかし、従来の AR ペットアプリの多くは、あらかじめ決められたアニメーションを再生するだけに留まっているものが多い。挙動が単純なパターンの繰り返しであれば、ユーザーはそこに生き物らしさを感じられず、癒やし効果が限られてしまう懸念がある。

そこで本研究では、生成 AI を用いてその時の状況に応じた判断ができる自律機能を備えた AR のペットを開発する。具体的には、ユーザーの指示や環境に応じて自律的に行動を選択・学習する機能を実装する。これにより、物理ロボットの物理的な制約と、従来の AR ペットの挙動の単純さという双方の課題を解決し、新しい形の癒やしに繋げることを目指す。

2. 関連技術 AR 環境下での仮想ペットとのインタラクション体験を実現するために、Meta 社製のスタンドアローン型 MR/VR デバイスである Meta Quest 3 を使用する。Meta Quest 3 は軽量で高性能な AR デバイスであり、空間認識やハンドトラッキングなどの機能を備えることで、現実空間との高い融合度を実現している。

開発環境には、Unity Technologies 社が提供するクロスプラットフォーム対応のゲームエンジン Unity を用いた。Unity は Meta Quest 3 との互換性が高く、公式 SDK の提供により、仮想ペットの動作制御やユーザーとのリアルタイムインタラクションの実装に適している。本研究では、仮想ペットと 3D 空間におけるユーザーとのインタラクション処理をすべて Unity 上で構築する。

仮想ペットのモデルおよび動作には、Unity Asset Store で提供されている「DOG Full Animations - Welsh Corgi」[2] を採用した。本アセットには、犬の 3D モデルに加え、323 種類のアニメーションが含まれている。これらを活用することで、待機、移動などの犬の自然な振る舞いを再現した。

仮想ペットの知能および応答生成には、Google 社が提供する生成 AI モデル「Gemini 2.0 Flash」の API を使用した。Gemini 2.0 Flash は、高い推論能力を持ちながら低遅延で動作する特徴を持つ。これにより、ユーザーの問いかけやアクションに対して、リアルタイム性を損なうことなく即

座に反応を返すインタラクションシステムを実現している。

3. 設計と実装 アプリケーションは、主に「行動選択機能」「ボール遊び機能」「しつけ機能」の 3 つの機能により構成される。以下に各機能の詳細を述べる。

行動選択機能は、生成 AI を用いて仮想ペットの行動を自律的に決定するものである。仮想ペットは、待機、2 種類の歩行、走行、座るという合計 5 つの行動パターンを有する。行動決定の指標として、ペットの内部状態に 0.0 以上 1.0 以下の値をとるパラメータ「エネルギー (Energy)」を定義した。システムは、このエネルギー値と直前の行動、および現在の行動を Gemini API に入力として送信する。これにより、AI は現在のエネルギー状態に基づいた最適な行動を選択する。具体的には、エネルギー値が高い状態では歩行や走行といった活発な動作が選択されやすく、逆に低い状態では座るや待機といった休息行動の選択比率が高まるよう設計されている。AI により選択された行動が実行された後、その行動内容に応じてエネルギー値を更新する。具体的には、歩く・走るなどの運動負荷の高い行動ではエネルギーを減少させ、逆に座る・待機などの休息行動では増加させる仕様とした。こうして更新されたエネルギー値と直前の行動および現在の行動を再び AI への入力として送信する。このプロセスを繰り返すことで、一貫性がありながらも予測不可能な、仮想ペットの自律的な行動選択を実現している。

ボール遊び機能は、ハンドトラッキングと物理演算を利用した、直感的な動作でボールを投げて遊ぶことができる機能である。ユーザーが AR 空間に表示されたボールを自分の手で掴んで投げると、ボールは重力に従って放物線を描き落下する。犬は落下地点までボールを追いかけて、口にくわえてユーザーの元へ持ってくる。ユーザーは戻ってきたボールを受け取り、何度でも繰り返し投げることができる。なお、現時点では犬は必ずボールを取りに行く仕様であるが、将来的には前述の「エネルギー」や、ユーザーとの「親密度」といったパラメータと連携させる設計としている。これにより、犬の疲れ具合や信頼関係によって、ボールを取りに行くかどうかを自律的に判断させることを目指している。

最後に、「しつけ機能」について、この機能はハンドジェスチャを通じて犬に「おすわり」を学習させる機能である。犬の内部状態として、訓練の成果を表す「熟練度」というパラメータを定義した。まず、訓練モードでは、ユーザーが仮想のお菓子を持ち、手を下から上に上げる動作を行うこれに合わせて犬がおすわりを行い、その回数に応じて熟練度が上昇する。次に、お菓子を持たずに拳を下から上へ上げる動作を行うと、現在の熟練度とエネルギー値が Gemini API に送信される。AI はこれらの値を総合的に判断し、反応を決定する。AI からの応答は Sit, Confused, Tired の 3 種類あり、Sit では素直におすわりを実行、Confused では首をかしげて命令が伝わらない様子を見せ、Tired では命令を拒む動作を行う動作を行う設定である。これにより、熟練度や体

調によって反応が変わる生物的な振る舞いを表現している。

4. 評価 しつけ機能の有効性を評価するため、熟練度とエネルギー値が成功率に与える影響を調査した。実験は、エネルギー値を「低 (0.2)」、「中 (0.5)」、「高 (0.8)」の3段階に設定し、各条件下で計3回実施した。手順として、合計100回の訓練を行う過程で、10試行ごとに10回の本番テストを行い、その成功率を記録した。

1は、各エネルギー条件下における訓練回数(横軸)と熟練度(縦軸)の関係を示している。まず、エネルギー値が0.2の条件では、0.5および0.8の条件と比較して、熟練度の上昇が著しく抑制されていることが確認できる。これは、本システムに実装された「疲労時には命令に対する反応や学習意欲が低下する」というロジックが、生成AIの判断に正しく反映された結果であると考えられる。

一方で、エネルギー値が0.5と0.8の条件間では、最終的な獲得熟練度に大きな差は確認されなかった。このことから、エネルギーがある一定の閾値を超えている状態であれば、学習効率は飽和し、それ以上の過剰なエネルギーが学習速度に寄与しない仕様となっていることが示唆される。

なお、エネルギー0.5の条件において、試行回数40-50回付近で熟練度の急激な上昇が見られる。これは、プログラムの不具合ではなく、生成AIの持つ確率的な出力特性によるゆらぎに起因するものと推察される。本システムでは、この予測不可能性もまた、生物特有の「気まぐれ」な性質の一部として許容している。

2は、各エネルギー条件下における訓練回数(横軸)と本番動作の成功率(縦軸)の関係を示している。

まず、エネルギー値が0.2の条件では、訓練回数を重ねても成功率は0%のままであった。これは、前述の通り、低エネルギー状態により学習自体が阻害され、必要な熟練度を獲得できなかったことに起因すると考えられる。

次に、エネルギー値が0.5と0.8の条件を比較すると、獲得した熟練度には大きな差が見られなかったにも関わらず、成功率においてはエネルギー0.8の条件が最終的に高い数値を示した。この結果は、AIの行動決定プロセスにおいて、エネルギー値が学習効率だけでなく実行意欲にも直接的な影響を与えていることを示唆している。すなわち、十分な熟練度があっても、エネルギー余裕がなければ、AIは確率的に命令を拒否する仕様となっており、エネルギー0.8の条件ではその拒否率が低減されたことで成功率が向上したと考えられる。

以上の結果より、本システムにおける犬の応答は、熟練度とエネルギーという二つの変数が複合的に影響を与えた結果であることが示唆された。熟練度が高くてエネルギーが不足していればパフォーマンスは低下し、逆にエネルギーが十分でも熟練度が伴わなければ成功には至らない。両パラメータが相互補完的に機能する設計としたことで、状況に応じた動的な挙動変化を実現できたと言える。

5. まとめ 本研究では、生成AIを用いて、内部状態に基づき自律的に行動決定を行うAR仮想ペットシステムの構築を行った。仮想ペットの機能として「行動選択機能」「ボール遊び機能」「しつけ機能」を開発した。

しつけ機能を用いた評価実験では、犬のおすわりの成功

率が、熟練度とエネルギーの双方に依存して変化することを確認した。特に、熟練度が高くてエネルギーが低い場合には成功率が低下し、逆にエネルギーが十分でも熟練度が不足していれば成功に至らないという結果が得られた。この結果は、提案手法における行動決定が単一のルールではなく、複数の変数が複合的に作用して決定されていることを示している。以上より、本研究で提案したパラメータ制御と生成AIを組み合わせる手法は、状況に応じた動的なインタラクションを実現する制御モデルとして有効であることを確認した。

参考文献

- [1] Shuhei Imamura, Shota Okabe, Mana Toyama, Narumi Takano, Noriko Togashi, Kaname Hayashi, Kentaro Kajiya, and Takefumi Kikusui, *Higher oxytocin concentrations occur in subjects who build affiliative relationships with companion robots*, iScience, vol. 26, no. 12, 108562, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108562>
- [2] *DOG Full Animations - Welsh Corgi*, <https://assetstore.unity.com/packages/3d/animations/dog-full-animations-welsh-corgi-247648>

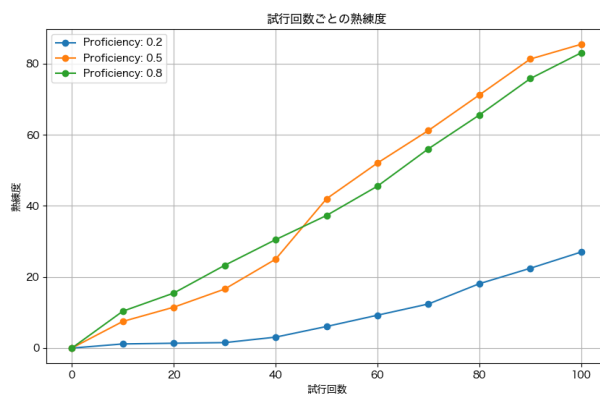


図1 訓練回数に対する熟練度の推移

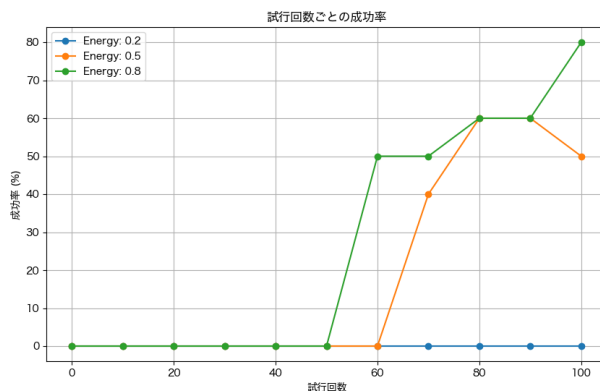


図2 訓練回数に対する成功率の推移